

Desenvolvimento e Conceção de Painel de Distribuição de Média Tensão Estágio

Relatório apresentado para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletrotécnica
Especialização em Automação e Comunicações em
Sistemas Industriais

Autor

Patrick Costa Garrido

Orientador

João Paulo Morais Ferreira

Professor do Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

Silvério Tavares

EFACEC

Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A.

Coimbra, fevereiro, 2017

AGRADECIMENTOS

A realização deste estágio não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria, por este facto, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos. É então com profunda gratidão que aqui escrevo a todas as pessoas que me apoiaram ao longo deste percurso.

Ao meu Supervisor Eng. Silvério Tavares por me ter integrado na Equipa de Engenharia de Produto e de me ter tirado as dúvidas que foram surgindo ao longo do estágio.

Ao meu Orientador Professor João Paulo Ferreira pela disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Ao Sr. João Manuel Fernandes pela paciência, ensinamentos e dedicação demonstrada ao longo do estágio.

Ao Sr. Rui Marinho por todos os conhecimentos transmitidos a nível do *software* PTC Creo.

Quero agradecer ao Eng. Luís Tovar, apesar de todos os seus compromissos, ter tido tempo para me receber e dar conselhos ao longo do estágio.

Deixo aqui o meu agradecimento ao Eng. Mário Albuquerque, pelo apoio demonstrado.

Agradeço ao Professor Fernando Lopes toda dedicação revelada.

A toda a equipa de Engenharia de Produto e à Equipa de Laboratório por todos os conhecimentos transmitidos.

À Efacec - Energia, Máquinas, Equipamentos Elétricos, S.A., pela oportunidade que me foi proporcionada de realizar o meu estágio Curricular de Mestrado.

Aos meus Pais e a toda a minha Família que sempre me proporcionaram tudo o que sempre necessitei e sempre me apoiaram em todos os momentos por os quais passei ao longo do meu percurso académico.

À minha Namorada por ser o meu pilar e de me ter acompanhado nesta aventura.

Por fim mas, não menos importante, aos meus amigos que sempre me acompanharam ao longo da minha vida.

A todos vocês o meu sincero obrigado!

Patrick Costa Garrido

RESUMO

O presente Relatório enquadra-se no âmbito do Trabalho Final do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra subordinado ao tema “Desenvolvimento e Conceção de Paineis de Distribuição de Média Tensão”.

O estágio foi realizado na empresa Efacec - Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A., sediada em Matosinhos.

A necessidade de criar soluções para clientes é uma tarefa árdua que obriga o envolvimento de várias equipas, tais como, por exemplo: a equipa de contratos, a de engenharia de produto, a de laboratório, a de compras e a de logística, entre outras.

Os projetos realizados proporcionaram um alargado conhecimento, que só seria possível adquirir numa empresa com vastos anos de experiência. A interação em contexto de trabalho, é fundamental para uma aprendizagem mais profunda.

Durante a realização do estágio foi dada a oportunidade de contribuir ativamente para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos de aparelhagem de média tensão, com uma equipa com vasta experiência na área.

Os projetos realizados na equipa da engenharia de produto são estudados e desenvolvidos recorrendo ao *software* PTC Creo. Posteriormente, são aperfeiçoados consoante os resultados obtidos na realização de ensaios em laboratório.

ABSTRACT

This report is framed within the scope of the final project of the Master Degree in Electrical Engineering in the specialization of Automation and Communication in Industrial Systems subordinate with the theme “Desenvolvimento e Conceção de Paineis de Distribuição de Média Tensão” (“Development and Design of the Distribution of Medium Voltage Control Panel”)

The internship was held in Efacec - Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A., a company based in Matosinhos.

The necessity to create solutions for costumers is an arduous task that required the involvement of several teams, such as, the contract team, product engineering team, laboratory, purchasing team and logistics team, among others.

The performed projects provided an extensive knowledge, that would only be possible to acquire in a company with vast years of experience. The interaction in the context of work is crucial for a deeper learning.

During the intership, it was given the oportunity to contribute actively in the development and improvement of the switchgear devices, with a team that has wide experience in the field.

The projects that are executed by the Product Engineering team are studied and developed using the *PTC Creo* software. Afterwards they are improved depending on the results obtained in the accomplishment of laboratory trials.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização do Estágio	1
1.2. Motivação	1
1.3. Objetivos	2
1.4. Estrutura do relatório.....	3
2. EFACEC	5
2.1. História da Efacec.....	7
2.2. Pólos Portugal	12
3. PREPARAÇÃO PARA O ESTÁGIO E FORMAÇÕES	13
3.1. Entrevista	13
3.2. Preparação	13
3.3. Formação PTC Creo	14
3.4. PTC Creo	14
3.4.1. PTC Creo Parametric	14
3.4.2. Exemplo - Desenho Paramétrico utilizando o PTC Creo	16
3.5. FORMAÇÕES.....	16
4. DESENHO TÉCNICO	17
4.1. Definição de Desenho Técnico	17
4.2. Tipos de desenho técnico.....	17
4.3. Termos Gerais em Desenho	18
4.4. Legendas	19
4.5. Exemplo.....	21
5. APARELHAGEM - EFACEC	25
5.1. Distribuição Primária - Efacec	25
5.1.1. QBN7	26
5.1.2. NORMACEL.....	32
5.2. Distribuição Secundária - Efacec	39
5.2.1. NORMAFIX.....	40
5.2.2. FLUOFIX GC	43
6. CONDIÇÕES LABORATORIAIS E ENSAIOS	47
6.1. Laboratório.....	47
6.2. Ensaio de Choque/ Dielétrico.....	48

6.2.1. Principais equipamentos de teste e medição para realização de um Ensaio de Choque	50
6.3. Descargas Parciais	53
6.3.1. Influência das descargas parciais nos dielétricos	54
7. PROJETO TRAVESSIAS MONOPOLARES.....	55
7.1. Testes iniciais	56
7.2. Testes de validação das alterações	58
7.3. Avaliação e validação final	61
7.4. Certificação	62
7.5. Futuro.....	63
8. CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXO - A	69
ANEXO - B	71
ANEXO - C	79
ANEXO - D	83
ANEXO - E.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1- Logotipo e <i>slogan</i> da Efacec [1]	5
Figura 2.2. Presença da Efacec no Mundo [3].....	6
Figura 2.3. Montagem de um motor elétrico [5]	7
Figura 2. 4. Antigo Pólo da Arroteia [6].....	8
Figura 2. 5. EFACEC – Arroteia [7]	9
Figura 2. 6. Maior unidade trifásica contruída em Portugal 1976 [8]	10
Figura 2. 7. Evolução do Logotipo da Efacec [10].....	11
Figura 2. 8. Pólo Arroteia [11]	12

Capítulo 3

Figura 3. 1. Exemplo de um passo retirado dos tutoriais Vertanux.....	13
Figura 3. 2. Logotipo TCA [12]	14
Figura 3. 3. Logotipo PTC Creo [14].....	14
Figura 3. 4. KTM Super Duke - PTC Creo [15]	15
Figura 3. 5. Interface Principal	15
Figura 3. 6. Exemplo de uma peça criada utilizando o <i>software</i> PTC Creo	16
Figura 3. 7. Formações realizadas ao longo do estágio.....	16

Capítulo 4

Figura 4. 1. Cubo 2D	17
Figura 4. 2. Localização da Legenda na Folha Horizontal e Folha Vertical.....	19
Figura 4. 3. Constituição da Legenda	20
Figura 4. 4. Rampa de acionamento das cortinas 3D - NORMACEL.....	21
Figura 4. 5. Rampa esquerda de acionamento de cortinas.....	22
Figura 4. 6. Rampa direita de acionamento de cortinas	22
Figura 4. 7. Rampa de desencravamento direita	23
Figura 4. 8. Rampa de desencravamento esquerda.....	23
Figura 4. 9. Calço para a rampa.....	24

Capítulo 5

Figura 5. 1. QBN7	26
Figura 5. 2. Constituição - QBN7	28
Figura 5. 3. Cella de chegada/saída QBN7	29

Figura 5. 4. Cella de subida de barras QBN7	29
Figura 5. 5. Cella de Seccionamento de barras QBN7	30
Figura 5. 6. Cella de Chegada / Saída com TT's no Barramento ou nos Cabos QBN7	30
Figura 5. 7. Cella de Seccionamento de Barras com ST no Barramento QBN7	31
Figura 5. 8. Cella de Subida de Barras com ST no Barramento QBN7	31
Figura 5. 9. NORMACEL Barramento Simples	32
Figura 5. 10. Constituição - NORMACEL	34
Figura 5. 11. Cella de chegada/saída NORMACEL	35
Figura 5. 12. Cella de Subida de Barras NORMACEL	35
Figura 5. 13. Cella de Seccionamento de Barras NORMACEL	36
Figura 5. 14. Cella de Chegada / Saída com TT no barramento NORMACEL	36
Figura 5. 15. Cella de Seccionamento com TT no barramento NORMACEL	37
Figura 5. 16. Cella de seccionamento com duplo TT no barramento NORMACEL	37
Figura 5. 17. Constituição - NORMACEL Duplo Barramento	38
Figura 5. 18. NORMAFIX	40
Figura 5. 19. Constituição - NORMAFIX	42
Figura 5. 20. FLUOFIX	43
Figura 5. 21. Constituição - FLUOFIX	45

Capítulo 6

Figura 6. 1. Exemplo de um Arco elétrico [23]	49
Figura 6. 2. Gerador de Impulsos de tensão [20]	50
Figura 6. 3. Espinterómetro de esferas de arranjo vertical e de arranjo horizontal [19]	51
Figura 6. 4. Instrumento de Comando DIAS 733 [21]	52

Capítulo 7

Figura 7. 1. Localização das Travessias Monopolares - QBN7	55
Figura 7. 2. Vista Lateral da Travessia Monopolar	55
Figura 7. 3. Demonstração de disrupções	56
Figura 7. 4. Alteração das dimensões da Travessia Monopolar	56
Figura 7. 5. Alteração dos rasgos do painel intermédio	57
Figura 7. 6. Antes e depois das alterações realizadas	57
Figura 7. 7. Aba - Disjuntor	58
Figura 7. 8. Aplicada aba na Travessia Monopolar no lado do Disjuntor	58
Figura 7. 9. Aba - BG/Cabos	59
Figura 7. 10. Aplicada aba na Travessia Monopolar no lado do BG/Cabos	59

Figura 7. 11. Aplicada aba na Travessia Monopolar em ambos os lados.....	60
Figura 7. 12. Aplicação de quatro abas	61

Anexo A

Figura A. 1. Diploma TCA.....	70
-------------------------------	----

Anexo B

Figura B. 1. Menu inicial.....	72
Figura B. 2. Seleção do plano para o <i>sketch</i>	72
Figura B. 3. <i>Sketch</i>	73
Figura B. 4. <i>Revolve</i>	73
Figura B. 5. <i>Sketch 2</i>	74
Figura B. 6. <i>Sweep</i>	74
Figura B. 7. <i>Round</i>	74
Figura B. 8. <i>Pattern</i>	75
Figura B. 9. <i>Revolve 2</i>	75
Figura B. 10. <i>Rounds 2</i>	76
Figura B. 11. <i>Text Extrude</i>	76
Figura B. 12. Peça finalizada.....	77

Anexo C

Figura C. 1. Página 1 do relatório interno	80
Figura C. 2. Página 2 do relatório interno	81

Anexo D

Figura D. 1. Excerto do Relatório externo de Ensaio Dielétrico (Certificação).....	84
Figura D. 2. Excerto do Relatório externo de Ensaio Dielétrico (Certificação).....	85

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1.1 - Representação temporal de tarefas executadas ao longo do estágio	2
---	---

Capítulo 4

Tabela 4. 1. Tipos de desenho [17]	18
--	----

Capítulo 5

Tabela 5. 1. Características QBN7	27
---	----

Tabela 5. 2. Características NORMACEL.....	33
--	----

Tabela 5. 3. Características NORMAFIX.....	41
--	----

Tabela 5. 4. Características FLUOFIX	44
--	----

Capítulo 7

Tabela 7. 1. Demonstração das Travessias Monopulares Futuras para as 3 Fases.....	63
---	----

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

AC – Alternating Current (Corrente Alternada)

BG – Barramento Geral

BT – Baixa Tensão

CAD – Computer-Aided Design (Desenho assistido por computador)

DC – Direct Current (Corrente Contínua)

DP's – Descargas Parciais

MCAD – Mechanical Computer-Aided Design

MT – Média Tensão

QMT – Quadro de Média Tensão

RMU – Ring Main Unit

SF6 – Hexafluoreto de Enxofre

ST – Seccionador de Terra

TI – Transformador de Corrente

TT – Transformador de Tensão

AFLR:

A: Protection for personnel;

F: Protection at the Front of the switchgear;

L: Protection at the Lateral (sides) of the switchgear;

R: Protection at the Rear of the switchgear.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização do Estágio

O presente Relatório de Estágio Curricular surge no âmbito do Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, na especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais.

O estágio curricular foi realizado na empresa Efacec - Energia, Máquinas e Equipamentos Elétricos, S.A. com sede na Arroiteia, Apartado 1018, 4466-952, São Mamede de Infesta, Concelho de Matosinhos, Distrito do Porto. O estágio teve início a 04 de janeiro de 2016 e termo a 09 de setembro de 2016, incidindo na temática de aprofundamento da formação em contexto de trabalho e desenvolvimento na conceção de Painel de Distribuição de Média Tensão.

1.2. Motivação

Os principais motivos que contribuíram para a realização do estágio curricular em detrimento das outras opções, Dissertação e Projeto, foram derivados por vários fatores, tais como:

- A possibilidade de usufruir de uma formação em contexto de trabalho;
- O alargamento dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do percurso académico;
- Oportunidade de aplicar conhecimentos teóricos em prática;
- A integração na dinâmica de uma empresa multinacional com vastos anos de experiência na área;
- A possibilidade de conhecer e de interagir com novas tecnologias;
- A expectativa de realização de uma carreira numa empresa com reconhecimento internacional.

1.3. Objetivos

O estágio teve como finalidade o aprofundamento da formação em contexto de trabalho através da integração nas atividades da empresa. Tendo como objetivos iniciais os seguintes:

- A integração no departamento de Aparelhagem de Média Tensão, compreendendo a estrutura e as suas principais relações com outros departamentos;
- Promoção do conhecimento corporativo relativo ao Grupo Efacec;
- Tomada de conhecimento de projetos de quadros de distribuição e controlo de Média Tensão;
- Apreensão das dimensões e *ratings* dos diversos equipamentos de Média Tensão;
- Interpretação do habitual *workflow* no âmbito de projeto de Aparelhagem de Média Tensão na Efacec;
- Interação com os restantes elementos da Equipa de Engenharia de Produto;

Numa fase posterior:

- Aquisição de competências avançadas em *software* de desenho paramétrico (PTC Creo);
- Acompanhamento de Ensaios Dielétricos em Laboratório interno;
- Aquisição de competências de análise dimensional aplicada à conceção de produtos de Distribuição e Controlo de Média Tensão.

De forma a cumprir os objetivos anteriormente referidos foi necessário adquirir conhecimento em vários campos, tais como no domínio da ferramenta de desenho paramétrico do *PTC Creo*, compreensão dos *softwares* internos da empresa, estudo aprofundado do portefólio da aparelhagem de média tensão, leitura de livros técnicos e conhecimento da forma como se realizam os ensaios em Laboratório. Para além da necessidade de conhecimento a nível teórico foi também fundamental a existência de interajuda com os colegas.

Na Tabela 1.1 é demonstrada uma representação temporal superficial das tarefas executadas ao longo do estágio.

Tabela 1.1 - Representação temporal de tarefas executadas ao longo do estágio

Tarefas	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set
Formação interna PTC Creo									
Estudo e realização de Projetos NORMACEL									
Estudo e realização de Projetos QBN7									
Acompanhamento de Ensaios									

1.4. Estrutura do relatório

Este Relatório é constituído por 8 capítulos, sendo que o presente capítulo é de carácter introdutório, no qual são apresentados os pontos fundamentais da realização do estágio, bem como a motivação para a sua realização e objetivos a alcançar.

Capítulo 2 – EFACEC – Este capítulo destina-se à apresentação da empresa onde foi realizado o estágio, a sua história e a sua localização.

Capítulo 3 – PREPARAÇÃO PARA O ESTÁGIO E FORMAÇÕES – Neste capítulo é descrita a metodologia de como foi efetuada a preparação para a realização do estágio e são apresentadas as formações concretizadas ao longo do mesmo. Este capítulo também é destinado ao *software* com o qual houve maior contacto, sendo este o de desenho CAD - *PTC Creo Parametric*. É efetuada uma introdução ao *software* e é realizado um exemplo prático de forma a demonstrar o seu funcionamento.

Capítulo 4 – DESENHO TÉCNICO – Neste capítulo é realizada uma revisão ao Desenho Técnico, fazendo uma introdução, posteriormente explicado os diferentes tipos de desenho e é dado um exemplo.

Capítulo 5 – APARELHAGEM EFACEC – Este capítulo é focado nos Painéis de Distribuição de Média Tensão existentes na Efacec, quer da distribuição Primária como da Secundária, dando uma maior importância à Primária.

Capítulo 6 – CONDIÇÕES LABORATORIAIS E ENSAIOS – São demonstradas as principais características de um laboratório de alta tensão, identificando as suas principais funções e ensaios e são enumerados e descritos os equipamentos necessários na realização de um Ensaio de Choque/Dielétrico.

Capítulo 7 – PROJETO TRAVESSIAS MONOPOLARES – Este capítulo destina-se à demonstração da elaboração de um projeto em conjunto com a equipa do Laboratório, onde foram aplicados, de uma forma geral, o conteúdo de todos os capítulos que compõem este relatório. O projeto tem como base de estudo as Travessias Monopolares do QBN7, que foram alvo de várias alterações para uma melhoria do produto com a execução de ensaios no Laboratório.

Capítulo 8 – CONCLUSÃO – Demonstra os pontos fundamentais, bem como as principais conclusões obtidas com a realização do estágio.

2. EFACEC

A Efacec é uma empresa Portuguesa com vasta presença internacional.



Figura 2.1- Logotipo e *slogan* da Efacec [1]

Esta empresa opera nos setores da energia, da engenharia e da mobilidade, tendo como foco fundamental o cumprimento e superação diária das expectativas e necessidades dos diferentes *stakeholders* e, em particular, dos seus acionistas e financiadores, dos seus colaboradores e dos parceiros de negócio.

Integram diariamente, na atividade que desenvolvem, das suas diferentes valências, o conhecimento adquirido ao longo dos anos e a capacidade inovadora, com o objetivo de criar e de acrescentar valor à oferta aos seus clientes e à sociedade em geral.

A realização dos compromissos é executada com o auxílio dos mais de 2400 colaboradores, baseando-se nas decisões e atividades em valores corporativos sólidos e numa cultura de empresa onde a confiança, a transparência e o rigor assumem uma importância fundamental.

Estes fatores são os pilares do posicionamento forte da Efacec nos sectores em que opera e do desenvolvimento sustentado da empresa. [2]

A Efacec tem como principal objetivo o desenvolvimento de infra estruturas de energia, mobilidade e ambiente, para um mundo sustentável.

A Efacec tem uma forte presença internacional (Figura 2.2) e uma elevada vocação exportadora. A sua atividade mundial conta com projetos em dezenas de países,

transformando a empresa numa das maiores multinacionais portuguesas de capital estrangeiro, com frentes tecnológicas e geográficas muito diversificadas que assumem um carácter decisivo na complexidade do atual contexto da economia mundial.

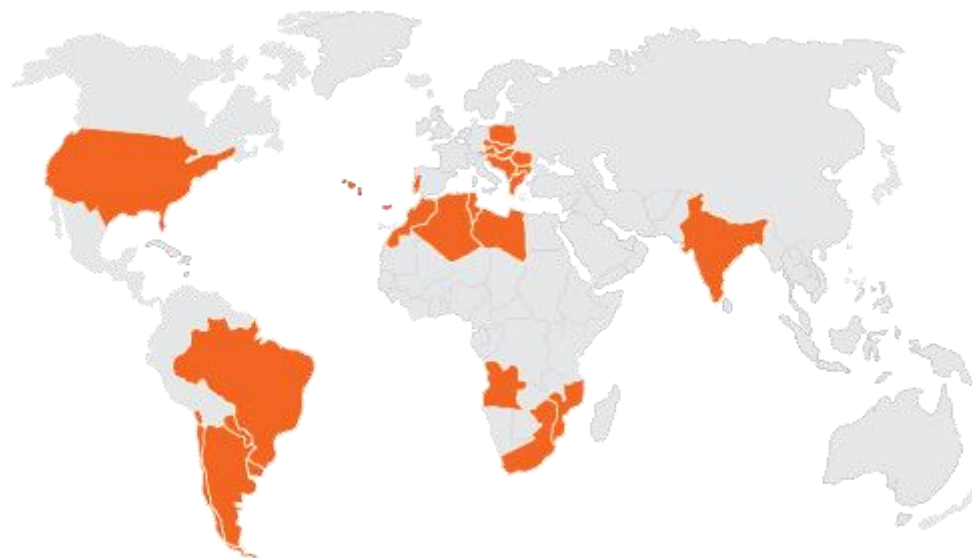


Figura 2.2. Presença da Efacec no Mundo [3]

O estatuto de referência que a Efacec conquistou nos mercados e sectores nacionais e internacionais, onde opera, representa a concretização de uma estratégia de crescimento e de reforço de internacionalização dos seus negócios no mundo.

Tendo como principais mercados, para além do Nacional:

- Espanha;
- Europa Central – Arménia, Áustria, Bulgária, Bósnia e Herzegovina, República Checa, Geórgia, Grécia, Croácia, Hungria, Moldávia, Macedónia, Montenegro, Polónia, Roménia, Sérvia, Eslováquia, Ucrânia e Kosovo;
- Estados Unidos da América;
- América Latina – Brasil, Argentina, Chile, Paraguai e Uruguai;
- Magrebe - Argélia, Tunísia e Marrocos;
- África – Angola, Moçambique e África do Sul;
- Índia. [4]

2.1. História da Efacec

Os pioneiros na primeira metade do século XX | 1900 – 1950

A história centenária do projeto Efacec iniciou-se em 1905 com a inauguração de «A Moderna, Sociedade de Serração Mecânica de Madeiras». Portugal é então uma monarquia e a sua economia periférica permanece, quase na sua totalidade, por industrializar. A primeira viagem de comboio no país tinha acontecido há menos de 50 anos.

Em 1917, num contexto de forte instabilidade social e política causada pela Primeira Guerra Mundial e pela queda do Czar Nicolau II, a Efacec produz os primeiros motores elétricos fabricados em Portugal.

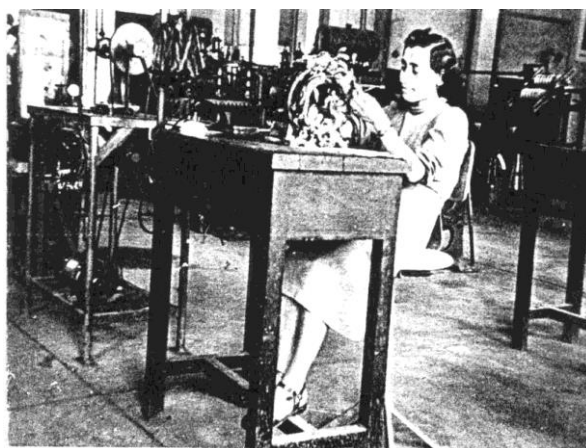


Figura 2.3. Montagem de um motor elétrico [5]

É fundada em 1921 a Electro-Moderna, Lda., «Fábrica de Motores e Geradores de corrente alternada e corrente contínua de Transformadores e de Acessórios Elétricos» (EML), constituindo a base de arranque da Empresa Fabril de Máquinas Elétricas.

Em 1948 é fundada a sociedade Empresa Fabril de Máquinas Elétricas, S.A.R.L., com o capital distribuído entre a Electro-Moderna, os ACEC, a CUF e outros acionistas, tendo como objetivo o «exercício da indústria, comércio, instalação e reparação de material elétrico e mecânico e de todas as atividades correlativas». Este pequeno fabricante de motores, impulsionado pelo visionário António Ricca Gonçalves, inaugurou a Efacec moderna.

Ao longo destes 50 anos de crescimento e desenvolvimento, a Efacec, “acompanhou” a instauração da República, e sobreviveu a duas Grandes Guerras Mundiais. Em contextos tão difíceis como estes, a Efacec foi sempre capaz de resistir às adversidades e prosseguir com o seu percurso de afirmação como uma das maiores empresas industriais do país.

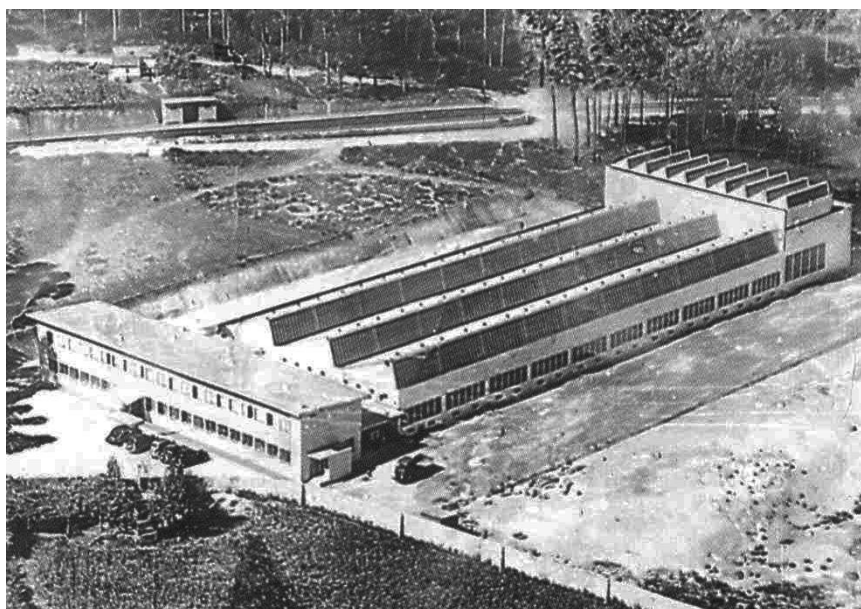


Figura 2. 4. Antigo Pólo da Arroteia [6]

A era da grande expansão mundial | 1950-2000

Na altura em que a URSS instala a “Cortina de Ferro” sobre o Leste Europeu e a Guerra Fria e dita a nova ordem mundial, a Efacec inaugura as instalações fabris da Arroiteia, que continua atualmente a ser o pólo de Energia.

Em 1957 arranca a produção dos modernos Transformadores de Potência, aumentando a capacidade tecnológica e industrial da Efacec.

A empresa, até então denominada de EFME (1948) e EFA (1949), assume a designação oficial de Efacec a partir de 1962.

Entre 1966 e 1973, a Efacec cresceu 2,5 vezes a sua área fabril e 6 vezes o seu volume de encomendas.



Figura 2. 5. EFACEC – Arroiteia [7]

Em 1969, o ano em que Neil Armstrong e Edwin Aldrin são os primeiros homens a pisar a Lua, as ações da Efacec são admitidas na Bolsa de Lisboa.

A Efacec adquire, em 1973, uma posição maioritária na JORRO, empresa produtora de bombas hidráulicas. Num país que caminhava rapidamente para uma revolução que restituiria as liberdades cívicas e políticas, a Efacec é uma das principais empresas da Bolsa, fazendo com que as vendas crescessem mais e ampliando as instalações fabris para aumentar a capacidade industrial.

Em 1976 a Efacec arranca com a sua atividade na área dos Sistemas de Tração e entrega o primeiro transformador trifásico de 420 kV, 315 MVA, com 450 toneladas de peso, a maior unidade trifásica construída em Portugal.



Figura 2. 6. Maior unidade trifásica contruída em Portugal 1976 [8]

Na década de 1980 são dados os primeiros passos para uma estratégia de internacionalização com a aquisição da quase totalidade das ações da RABOR, providenciando-se a constituição de uma unidade de produção de motores elétricos à escala europeia. A Efacec antecipa com visionarismo a opção de Portugal pela integração na então Comunidade Económica Europeia (CEE, atual União Europeia), o que veio a acontecer em 1986.

Na última década do século XX a Efacec aposta nos mercados externos e expande as suas atividades em todo o mundo, incluindo países fora das organizações internacionais de comércio e fortemente fechados à atividade empresarial, como era o caso da China. A internacionalização da Efacec nesta fase leva os seus produtos e soluções a mais de 65 países.

Efacec no século XXI, uma história de desafios com uma ambição renovada | 2000-2014

Depois de um período de grande expansão internacional, de abertura dos mercados e de crescimento contínuo das atividades da Efacec, acompanhando um tempo de grande bonança nas relações políticas e económicas mundiais, os atentados terroristas de 11 de Setembro de 2001 nos EUA demonstraram que a história regressa por onde menos se espera. Nesse momento fechou-se um ciclo de maior prosperidade mundial que impôs mudanças. O mundo envolveu-se em duas grandes guerras no Afeganistão e no Iraque, as matérias-primas dispararam para preços inimagináveis pouco tempo antes, as economias iniciaram um processo de maior degradação até ao epílogo da crise das dívidas soberanas, o sistema financeiro global ficou mais frágil e emergiram novos protagonistas na ordem mundial, como a China e a Rússia

Em 2006 a Efacec retirou da Bolsa todas as suas ações na sequência da concretização da Oferta Pública de Aquisição (OPA) por parte dos seus acionistas de referência Grupo José de Mello e Têxtil Manuel Gonçalves. Fechando temporariamente um ciclo de décadas no mercado de capitais, a Efacec teve mais liberdade para operar nas mudanças desejadas. Após essa viragem, a Efacec acelera de forma muito significativa a sua expansão internacional, transformando-se numa das principais multinacionais portuguesas. Entre 2007 e 2010 o seu volume de negócios ultrapassa os mil milhões de euros, compra várias empresas em todo o mundo e arranca vários projetos de raiz, como a construção de uma nova fábrica de transformadores nos EUA, crescendo em todos os indicadores e oferecendo soluções tecnologicamente avançadas em todo o mundo.

Na primeira metade do século XXI, Portugal, a Europa e o mundo mergulham numa profunda crise económica e financeira que atinge quase todos os países e empresas. Resistindo a muitas e inesperadas adversidades desde os primeiros passos desde 1905, a Efacec pôs em marcha um ciclo de forte consolidação estrutural e processual. A agenda de reforma atravessa toda a Companhia e permitiu, já em 2014, o redimensionamento da sua estrutura internacional e a simplificação do seu portfólio, bem como diversas alterações societárias e de gestão transversais a toda a Efacec, incluindo o Conselho de Administração, a Comissão Executiva e todas as Unidades de Negócio e Direções Corporativas.

No dia 23 de Outubro de 2015 concluiu-se a operação de aquisição da maioria do capital da Efacec Power Solutions pela sociedade Winterfell Industries. Os anteriores acionistas da empresa, Grupos José de Mello e Textil Manuel Gonçalves, assumiram então o estatuto de acionistas minoritários da Efacec Power Solutions. [9]



Figura 2. 7. Evolução do Logotipo da Efacec [10]

2.2. Pólos Portugal

A Efacec possui neste momento três Pólos em Portugal, estes Pólos estão subdivididos em departamentos com desenvolvimento tecnológico distinto, sendo que dois se encontram no Norte e um no Centro do País.

O estágio foi realizado no Pólo da Arroteia (Figura 2.8) nomeadamente no departamento de Aparelhagem de Média Tensão (AMT).

Pólo Arroteia:



Figura 2. 8. Pólo Arroteia [11]

3. PREPARAÇÃO PARA O ESTÁGIO E FORMAÇÕES

A realização de formações é importante no crescimento profissional, permitindo ao formando ter um maior conhecimento técnico possibilitando assim uma melhor resposta prática, devido a esse facto este capítulo é destinado à preparação do estágio e às formações realizadas.

3.1. Entrevista

O primeiro passo para a realização do estágio na empresa Efacec foi a realização de uma entrevista, onde estiveram presentes a responsável dos Recursos Humanos do AMT e o Coordenador de Engenharia de Produto de Média Tensão. Foram discutidos vários temas, enumeradas as funções a realizar e o *software* com qual iria ter um maior contacto, sendo este o PTC Creo.

3.2. Preparação

Após aprovação da realização do estágio, houve a necessidade de obter uma maior informação sobre o *software* PTC Creo.

A obtenção de informações foi realizada por etapas, sendo que a primeira destas foi através da Internet, recorrendo a vários *sites*, um dos quais o do próprio *software* <http://www.ptc.com/>.

Realizou-se o *download* da versão académica do *software* recorrendo ao link <http://www.ptc.com/academic-program/products/free-software>, para que existisse a possibilidade de iteração com o programa.

Numa Primeira fase de familiarização com o programa, recorreu-se a vários tutoriais existentes na *worldwideweb*, sendo que o que despertou maior interesse foram os tutoriais “Vertanux – Creo Parametric 3.0” desenvolvidos pelo Professor Christopher F. Sikora. Estes tutoriais são constituídos por uma parte teórica e outra de demonstração via Video -Youtube.

8. Start a sketch on the bottom face and draw the following circle. Extrude Cut.

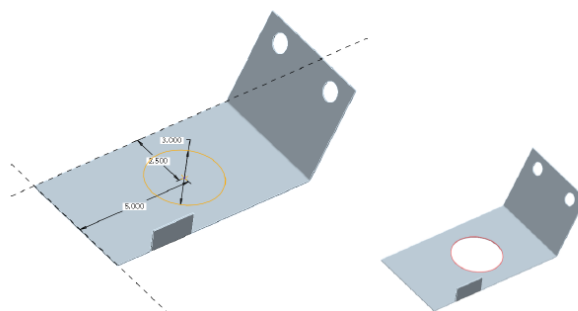


Figura 3. 1. Exemplo de um passo retirado dos tutoriais Vertanux

3.3. Formação PTC Creo

Terminado os tutoriais e já existindo algum à vontade com o *software* PTC Creo Parametric 3.0, houve a necessidade de progredir e optou-se por realizar uma formação do *software* na TCA (Figura 3.2), que tem a sua sede na Marinha Grande.



Figura 3. 2. Logotipo TCA [12]

Após um primeiro contacto telefónico com a TCA para obtenção das condições da formação, realizou-se a inscrição na mesma.

A formação decorreu de 30/11/2015 a 10/12/2015, com a duração total de 56 horas e tendo como necessidade a realização de um exame final para obtenção do Diploma (Anexo-A).

3.4. PTC Creo



Figura 3. 3. Logotipo PTC Creo [14]

O PTC Creo é um *software* CAD (computer aided design - desenho assistido por computador) que permite aos designers, engenheiros e projetistas a criação de produtos CAD 3D ou CAD 2D, utilizando modelação direta ou paramétrica. Além da capacidade de projetar, é possível fazer o cálculo de elementos finitos da resistência mecânica, térmica e fadiga.

3.4.1. PTC Creo Parametric

É o *software* de desenho paramétrico ou CAD mecânico (MCAD) com uma abordagem de modelação paramétrica, que usa parâmetros para definir relações entre as características de um projeto 3D.

A modelação 3D paramétrica permite uma definição de projeto precisa e completa (Figura 3.4), tornando possível a construção de modelos que se alteram conforme os parâmetros e as características definidas. [13]

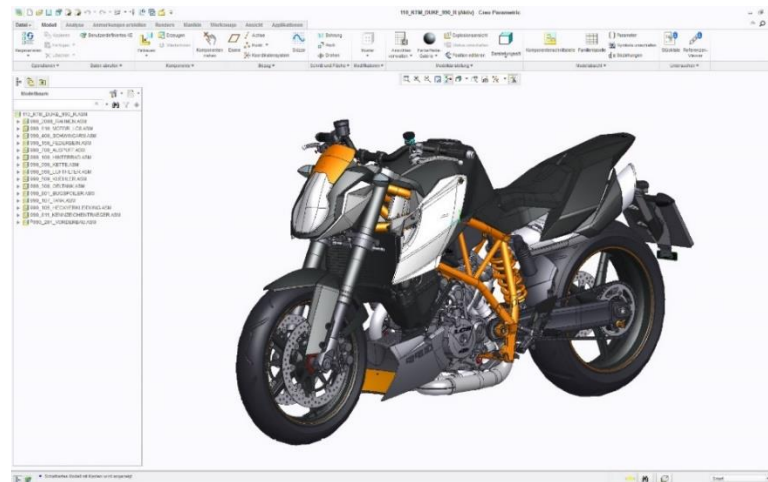


Figura 3. 4. KTM Super Duke - PTC Creo [15]

Interface Creo Parametric

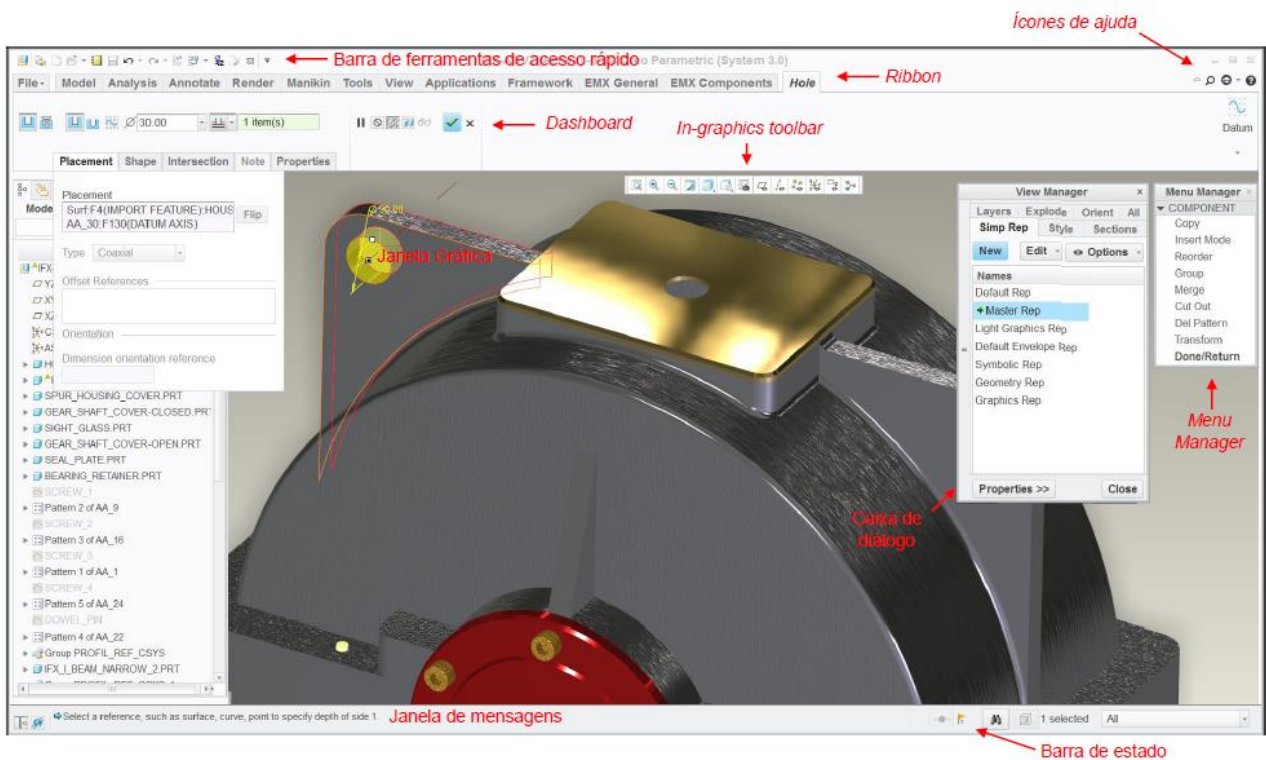


Figura 3. 5. Interface Principal

3.4.2. Exemplo - Desenho Paramétrico utilizando o PTC Creo

Para a concretização da figura 3.6, utilizaram-se várias *features* existentes no PTC Creo Parametrics. A realização passo a passo desta peça pode ser analisada no Anexo-B.

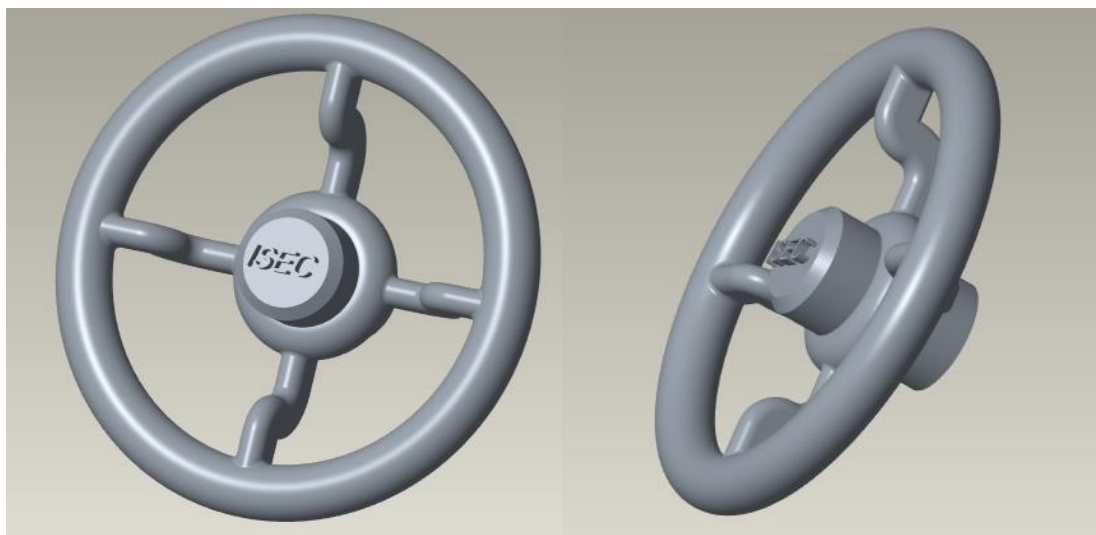


Figura 3. 6. Exemplo de uma peça criada utilizando o *software* PTC Creo

3.5. FORMAÇÕES

A necessidade da realização de formações ao longo de uma carreira é fundamental para o desenvolvimento e aperfeiçoamento das qualidades. Para além da formação PTC Creo foram realizadas durante o estágio várias formações de diversos tipos, podendo ser observadas na figura 3.7.

Formação

Curso	Área	data Início	Data Fim	Descrição	Horas	Horas assistidas
Reciclagem Ambiente e Segurança	QES	2016-07-13	2016-07-13	Maria Ines Silva Ribeiro	2	2
Aplicação SynergieQES	QES	2016-06-17	2016-06-17	Joana Catarina Marques Santos	1	1
Mercado de Ideias	Innovation	2016-05-10	2016-05-10	Joana Catarina Marques Santos	1	1
Fabory	Tech.	2016-04-05	2016-04-05	Formadores - Área Técnica	3	3
Ambiente e Segurança no Posto de Trabalho	QES	2016-01-04	2016-01-04	Ana Luisa Lopes de Oliveira	1	1
Acolhimento AS	QES	2016-01-04	2016-01-04	Ana Luisa Lopes de Oliveira	2	2
Acolhimento & Integração RH	Cult.Hum.Behav.	2016-01-04	2016-01-04	Cristina Luisa Jordao Morais	1	1

Figura 3. 7. Formações realizadas ao longo do estágio

Para além das formações presentes na Figura 3.7 ainda se realizou uma formação interna sobre o PTC Creo onde foram adquiridos novos conhecimentos e consolidados os existentes.

4. DESENHO TÉCNICO

Durante o estágio houve a necessidade de recordar e aplicar várias matérias adquiridas ao longo do percurso académico, sendo uma das matérias referente ao desenho técnico, devido a importância que tem na concretização dos desenhos dos artigos criados.

4.1. Definição de Desenho Técnico

O desenho técnico é uma forma de expressão gráfica que tem como finalidade a representação da forma, dimensão e posição de objetos de acordo com as diferentes necessidades exigidas pelas diversas modalidades de engenharia e também da arquitetura. Utilizando um conjunto de linhas, números, símbolos e indicações escritas normalizadas internacionalmente, o desenho técnico é definido como linguagem gráfica universal da engenharia e da arquitetura. Assim, como a linguagem verbal escrita exige alfabetização, a execução e a interpretação da linguagem gráfica do desenho técnico exige aperfeiçoamento. [16]

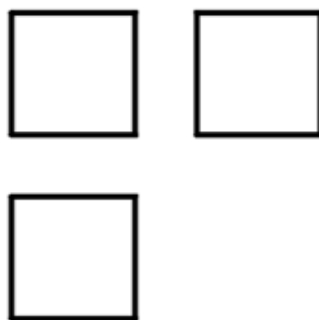


Figura 4. 1. Cubo 2D

Na Figura 4.1 exemplifica a representação de forma espacial por meio de figuras planas, onde estão representados 3 quadrados, esta figura na linguagem gráfica do desenho técnico representa um determinado cubo.

4.2. Tipos de desenho técnico

O desenho técnico pode ser dividido em dois grupos:

- O Desenho Projetivo é aquele proveniente de projeções do objeto, em um ou mais planos, correspondentes às vistas ortográficas (figuras de projeções ortogonais sobre planos, a fim de

representar a forma detalhadamente) e as perspectivas (figuras de projeção sobre um único plano, que permitem uma melhor visualização do objeto);

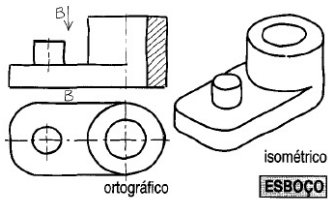
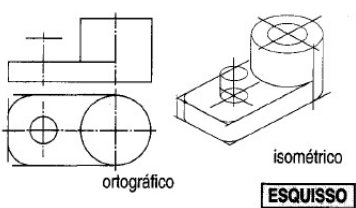
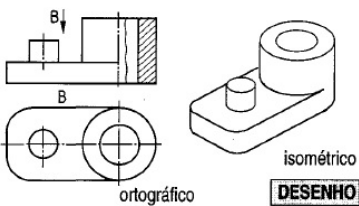
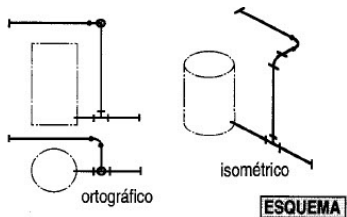
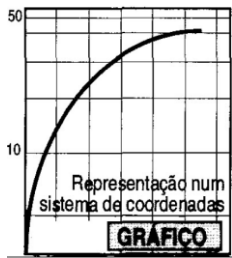
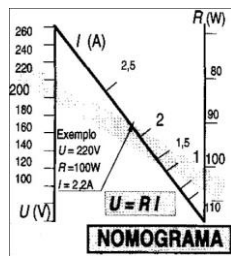
- **Desenho Não-Projetivo**, surge de cálculos algébricos que são representados por gráficos, diagramas, esquemas, organogramas, etc. [16]

4.3. Termos Gerais em Desenho

Existem vários tipos de desenhos, sendo eles os seguintes (Tabela 4.1):

- **Esboço**: desenho realizado à mão livre;
- **Esquisso**: representação das principais linhas para apoio ao desenho em suporte transparente;
- **Desenho**: desenho de um modo geral, é todo desenho rigoroso de representação;
- **Esquema**: desenho muito simplificado em que são usados símbolos gráficos;
- **Gráfico**: representação gráfica que exprime a relação entre grandezas variáveis;
- **Nomograma**: representação que permite determinar valores de grandezas, relacionadas entre si, sem recurso a cálculos.

Tabela 4. 1. Tipos de desenho [17]

4.4. Legendas

Localiza-se, normalmente, no canto inferior direito da folha de desenho (Figura 4.2). Contém a informação relativa ao desenho, como a identificação dos projetistas/desenhadores, da empresa proprietária do desenho, nome do projeto, entre outros (Figura 4.3).

NP 204:1968 – Define os diferentes tipos, dimensões e campos da legenda.

ISO 7200:1984 – É mais liberal, definindo apenas as dimensões máximas da legenda e a informação obrigatória e facultativa que esta deve incluir.

Localização da legenda

ISO 5457 – Define que a legenda se deve localizar no canto inferior direito da folha de desenho.

[16]

Localização da legenda:

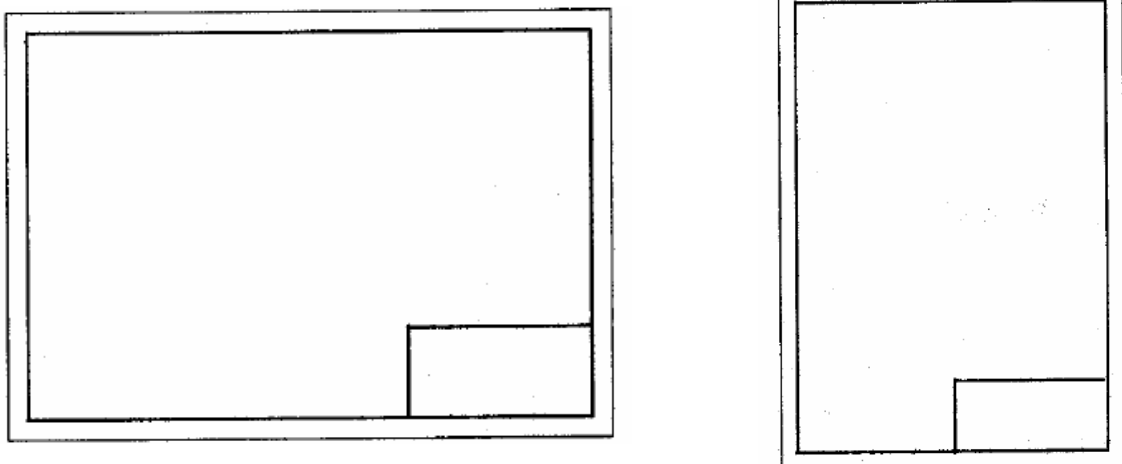


Figura 4. 2. Localização da Legenda na Folha Horizontal e Folha Vertical

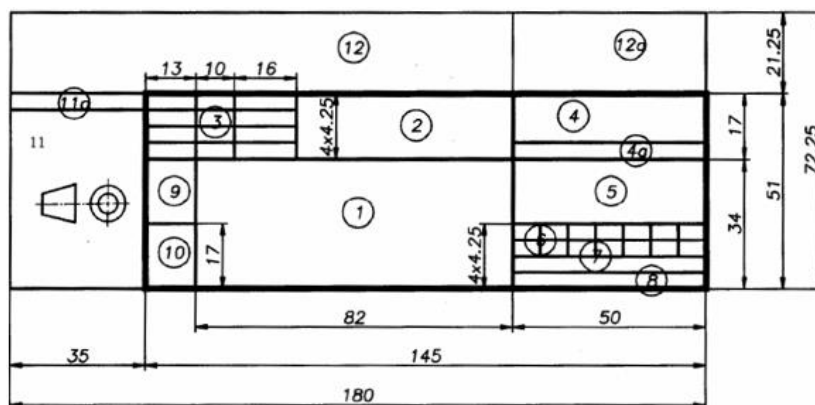


Figura 4. 3. Constituição da Legenda

Zona 1 – Designação ou título.

Zona 2 – Indicações complementares do título.

Ex: Entidade que encomendou o desenho, grupo de estudos a que se destina, um conjunto de desenhos de que faz parte, obra a que se destina; etc..

Zona 3 – Responsáveis e executantes do desenho. Inscreve-se o tipo de responsabilidade (desenhou, verificou, homologou), a data e a rubrica do responsável respetivo.

Zona 4 – Entidade que executa ou promove a execução do desenho.

Zona 4a – Entidade co-proprietária do desenho. Inscreve-se no caso do desenho não se destinar à entidade executante.

Zona 5 – Número de registo do desenho. Deverá permitir a identificação ou localização do desenho no arquivo.

Zona 6 – Referência às alterações ou reedições do desenho. Indicadas por letras maiúsculas ou números nos retângulos superiores. Nos retângulos inferiores registam-se as datas correspondentes às alterações indicadas.

Zona 7 – Desenho efetuado anteriormente que foi substituído pelo atual

Zona 8 – Desenho efetuado posteriormente que substitui o atual

Zona 9 – Escala ou escalas. Quando existir mais do que uma escala, indica-se a escala principal na 1ª linha em caracteres maiores e as restantes nas linhas seguintes em caracteres menores.

Zona 10 – Tolerâncias gerais. Só quando não inscritas no desenho.

Zona 11 – Campo de aplicação do desenho, observações, etc.. Método utilizado no desenho.

Zona 11a (eventual) – Título do que é registado na zona 11.

Zona 12 – Anotações posteriores à execução. Inscrevem-se, por exemplo, esclarecimentos relativos a alterações efetuadas.

Zona 12a (eventual) – Firma e número de registo da nova entidade proprietária do desenho. Inscreve-se quando o desenho mudou de propriedade.

Indicações das zonas 1 a 10 – Designam-se por indicações principais.

Indicações das zonas 11 a 12a – Designam-se por indicações complementares.

[16]

4.5. Exemplo

O exemplo que se segue demonstra os respetivos desenhos de uma rampa de acionamento de cortinas de uma Cella NORMACEL. A rampa que se encontrava na cela de um cliente, teve que ser reajustada para que pudesse suportar um disjuntor diferente.

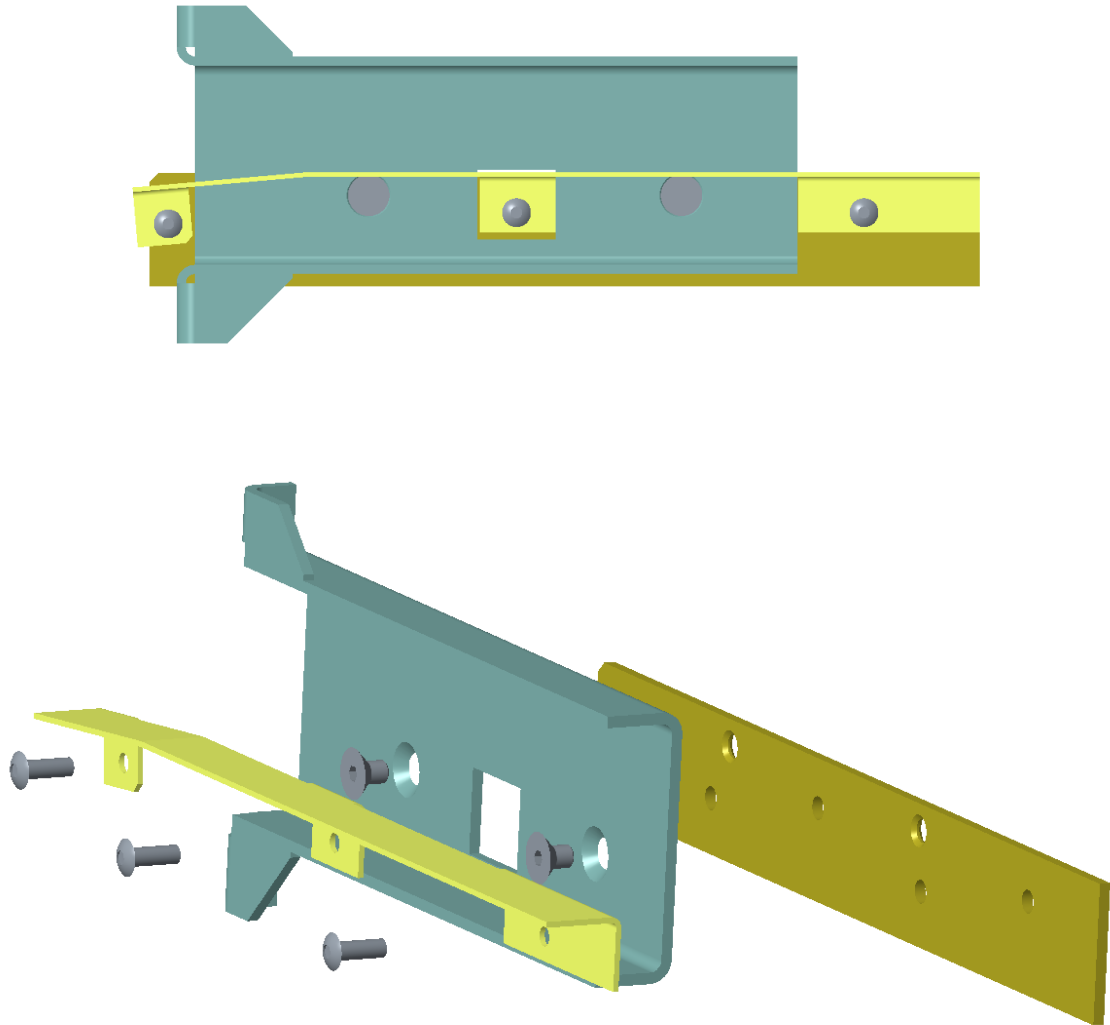


Figura 4. 4. Rampa de acionamento das cortinas 3D - NORMACEL

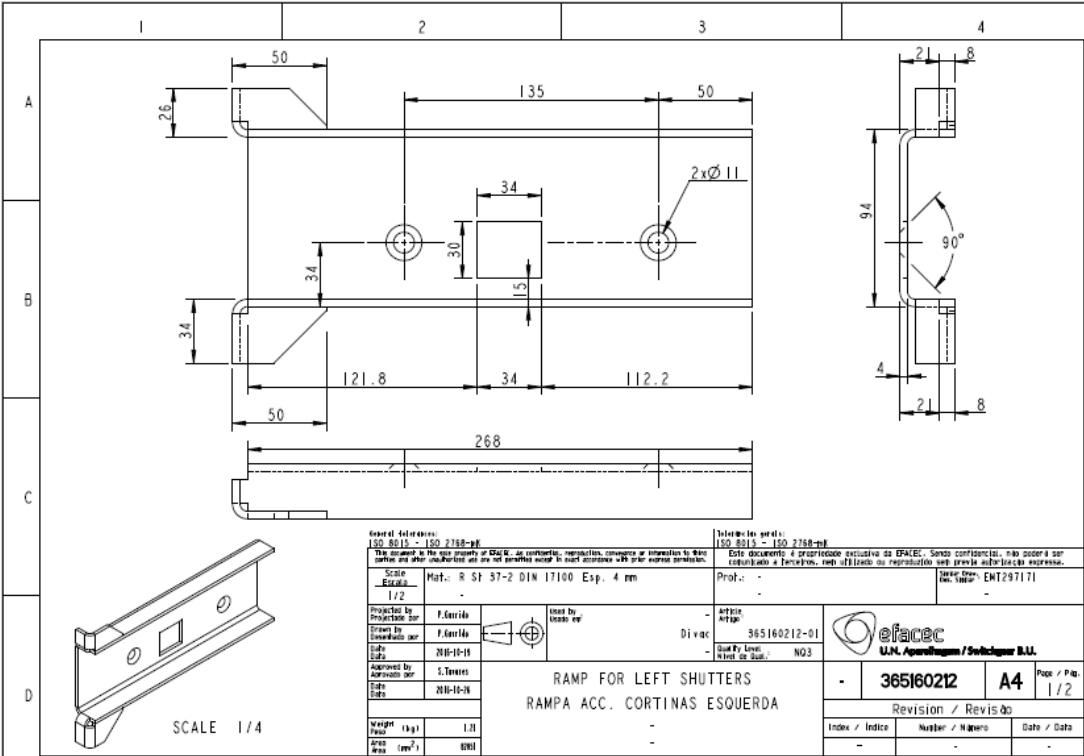


Figura 4. 5. Rampa esquerda de acionamento de cortinas

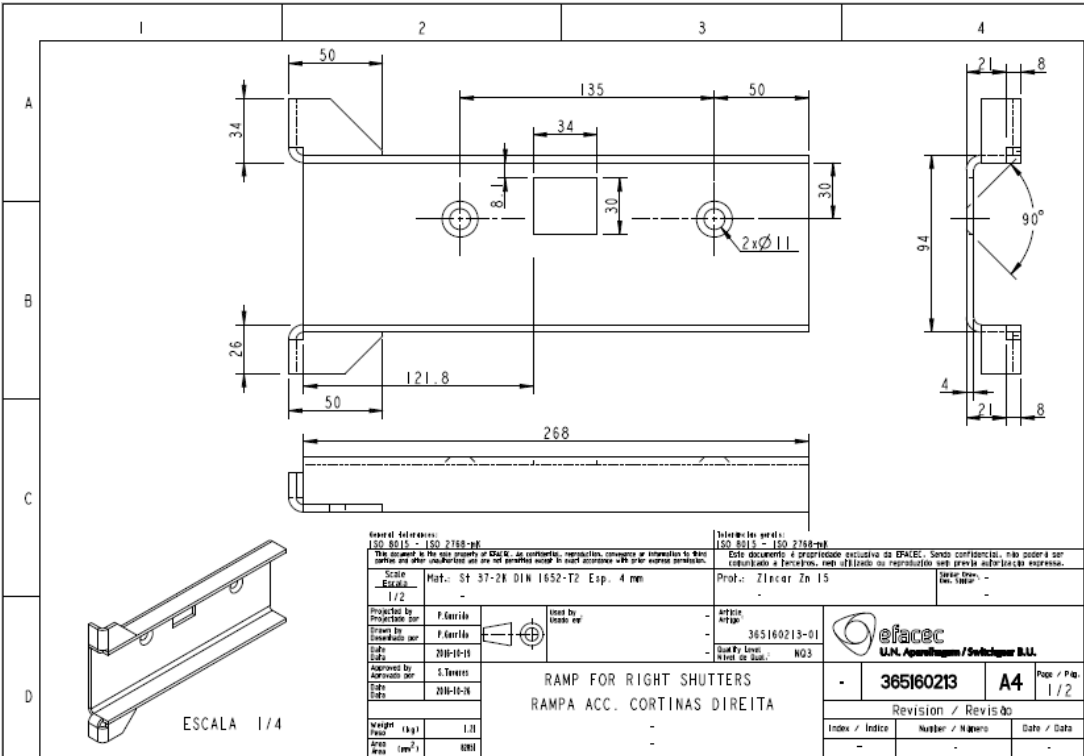


Figura 4. 6. Rampa direita de acionamento de cortinas

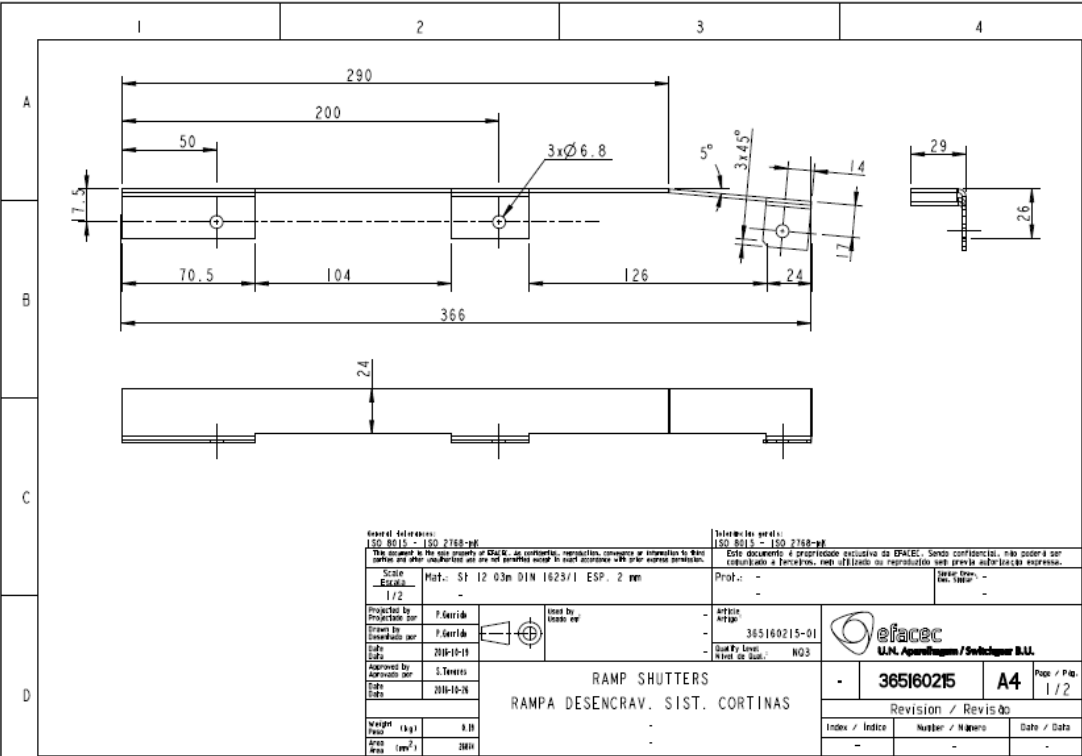


Figura 4. 7. Rampa de desencravamento direita

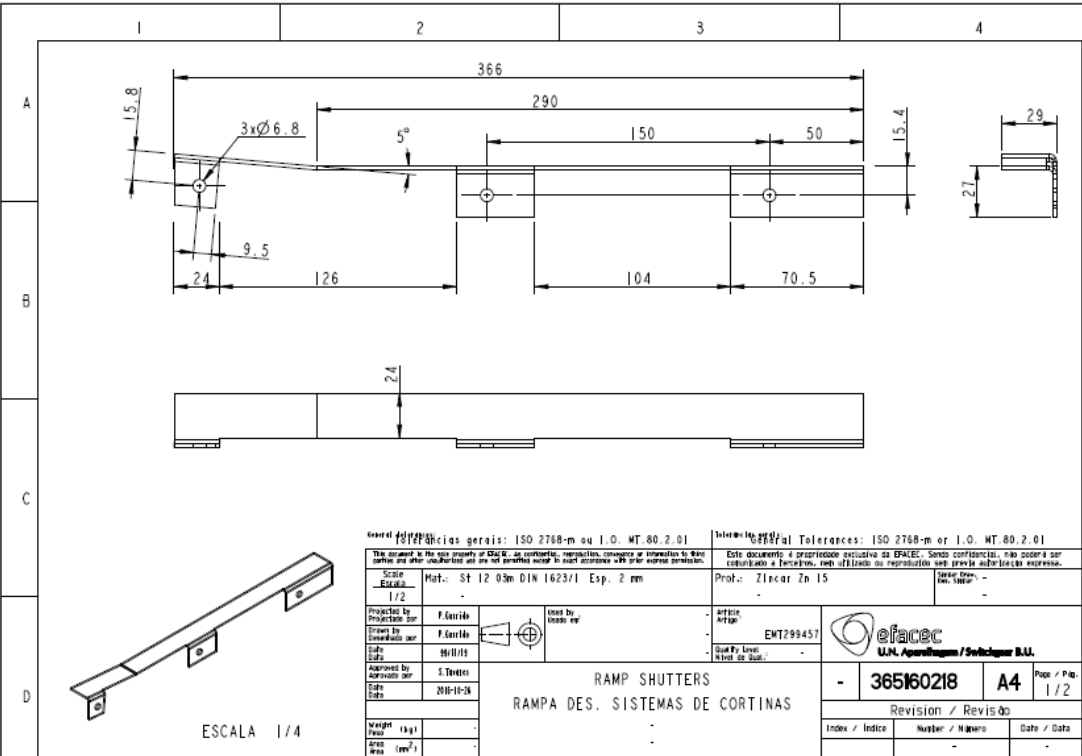


Figura 4. 8. Rampa de desencravamento esquerda



5. APARELHAGEM - EFACEC

A contínua evolução tecnológica promove o uso de todo o tipo de tecnologia, sendo que esta está presente no nosso dia a dia desde os objetos mais básicos até aos mais complexos instrumentos fundamentais para diversas profissões. O aumento do consumo de energia elétrica, como consequência desta evolução tecnológica, obriga a garantir a máxima continuidade de serviço do sistema elétrico de energia, tornando-se essencial assegurar uma proteção eficiente do mesmo.

Sendo impossível obter uma rede perfeita, é fundamental que se cumpram certos níveis de qualidade e de continuidade de serviço. Como tal, é necessário que haja um investimento nas redes de transporte e de distribuição.

Neste contexto, a Efacec apresenta um portefólio alargado de soluções, tanto ao nível da distribuição primária como ao nível da distribuição secundária.

5.1. Distribuição Primária - Efacec

A Efacec Aparelhagem tem à disposição um portefólio alargado de soluções de Média Tensão. Para aplicações críticas, a gama de Distribuição Primária tem resposta para as necessidades mais exigentes. Essas soluções englobam quadros isolados a ar equipados com disjuntores extraíveis e ainda soluções de exterior.

As características gerais da gama de soluções da Efacec Aparelhagem para a Distribuição Primária são as seguintes:

- Capacidade de curto-circuito até 50 kA, correntes nominais até 4000 A;
- Construção modular e compartimentada;
- Disjuntor de corte no vácuo de manutenção reduzida e extraível;
- A segurança do operador e da instalação é garantida pelo ensaio de arco interno, classes de acessibilidade AFLR com duração até 1s;
- A continuidade do serviço está presente no desenho do equipamento com várias hipóteses de supervisão do estado;
- Disjuntores de corte no vácuo e isolamento no ar;
- As soluções podem ser customizadas de acordo com normas e regulamentos particulares de cada cliente, bem como, de acordo com especificidades de cada mercado geográfico.

5.1.1. QBN7

Os Quadros de Média Tensão QBN7 (Figura 5.1) são de isolamento no ar, de construção modular, compartimentada e facilmente extensível e atingem os 31.5kA. A sua área de instalação ocupada é bastante reduzida, sem comprometer a simplicidade da exploração, assim como a acessibilidade para a manutenção. A operação normal dos equipamentos é feita exclusivamente pela parte frontal, sendo apenas necessário o acesso traseiro para montagem dos cabos MT. A construção dos QBN7 é resistente ao arco interno conforme IEC 62271-200. As celas estão equipadas com disjuntores extraíveis de corte no vácuo do tipo DIVAC [11]



Figura 5. 1. QBN7

Características do QBN7:

- Construção modular;
- Extensível;
- Área de instalação reduzida;
- Simplicidade de operação;
- Operado exclusivamente pela zona frontal;
- Resistente ao arco interno;
- Equipado com disjuntor de corte no vácuo (classe E3 M2), ou disjuntor de corte SF6 com duração elétrica e mecânica acrescida;
- Possibilidade de instalação contra parede;
- Manutenção reduzida e fiável;
- Introdução / extração do disjuntor com a porta de segurança fechada;
- Diversos equipamentos opcionais disponíveis conforme as especificações do cliente.

Tabela 5. 1. Características QBN7

Características Elétricas			
Tensão nominal	36kV		
Nível de isolamento Ao choque (1,2 / 50µs) Frequência industrial	Básico 170 kVp 70 kV / min	Opção 200 kVp 80 kV / min	
Frequência	50 Hz/60 Hz		
Corrente nominal do barramento	630 até 3150 A		
Corrente nominal das derivações	630 até 2500 A		
Poder de fecho	40 / 80 kAp		
Corrente nominal de curta duração	16 kA (3s)	25 kA (3s)	31.5 kA (3s)
Características Mecânicas			
Grau de proteção	IP3X (IP41 sob pedido)		
Cor <i>standard</i>	RAL 7035		
Condições normais de serviço			
Temperatura ambiente	Básico -5°C / +40°C	Opção -10°C / +55°C	
Dimensões (mm)			
Altura	2250		
Profundidade	2570		
Largura			
In da derivação até 1250A	1000	1200	
In da derivação até 2500A	1300		

Constituição do QBN7

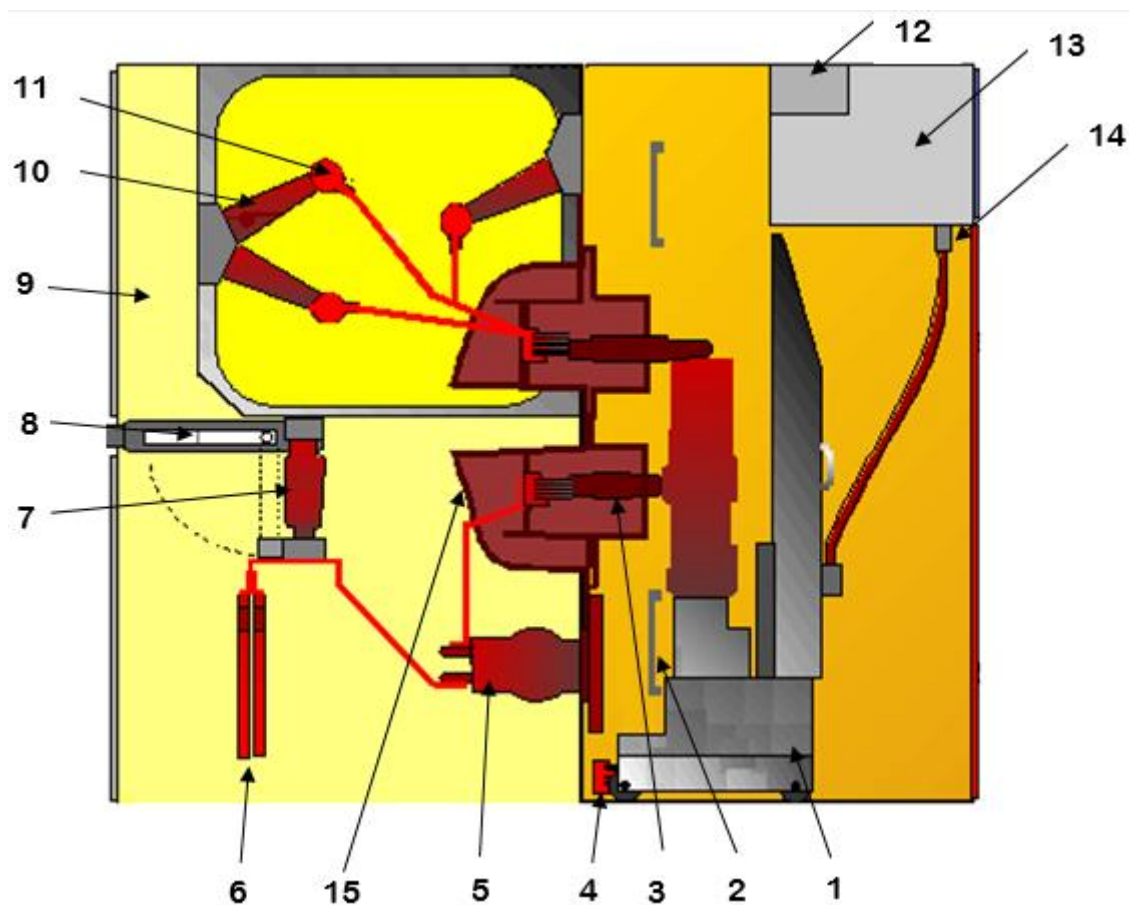


Figura 5. 2. Constituição - QBN7

- 1- Disjuntor
- 2- Cortinas metálicas
- 3- Travessias
- 4- Coletor geral de terra
- 5- TI (Transformador de Corrente)
- 6- Cabos MT (Média tensão)
- 7- Isolador divisor capacitivo
- 8- Seccionador de terra
- 9- Compartimento e escape de gases
- 10- Isolador suporte do barramento
- 11- Barramento Geral
- 12- Conduta de cabos BT
- 13- Compartimento BT
- 14- Tomada de BT
- 15- Travessias Monopolares

Cela de Chegada/Saída

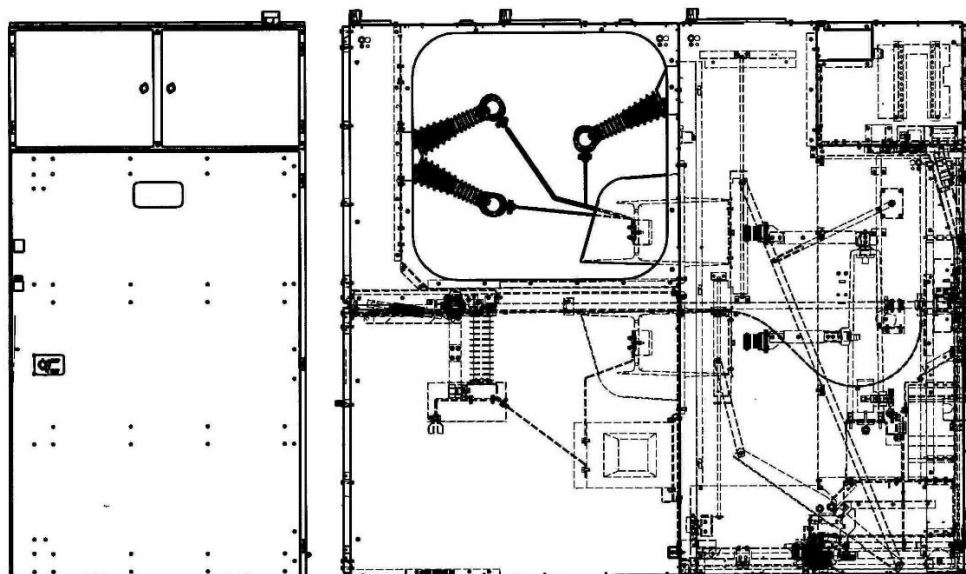


Figura 5. 3. Cela de chegada/saída QBN7

Cela de Subida de Barras

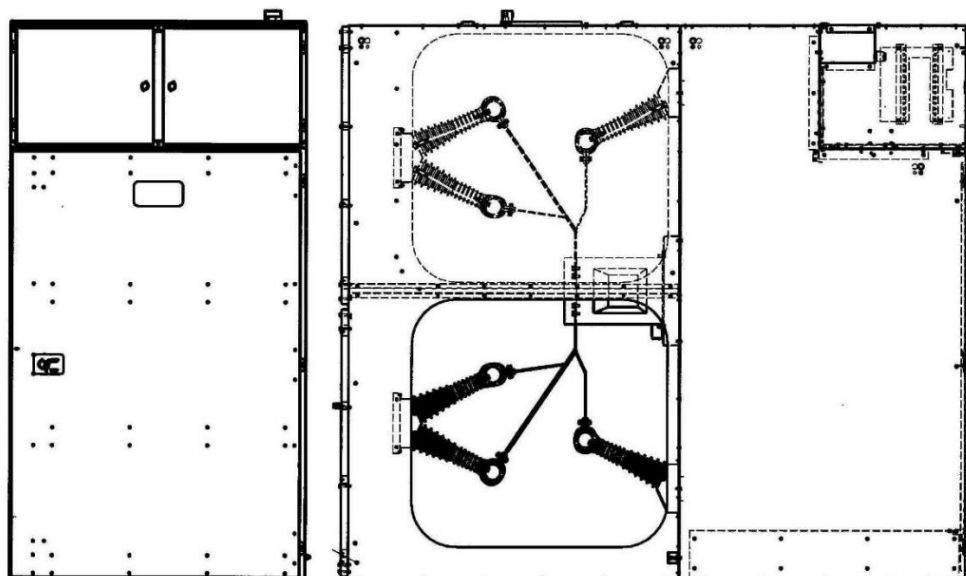


Figura 5. 4. Cela de subida de barras QBN7

Cela de Seccionamento de Barras

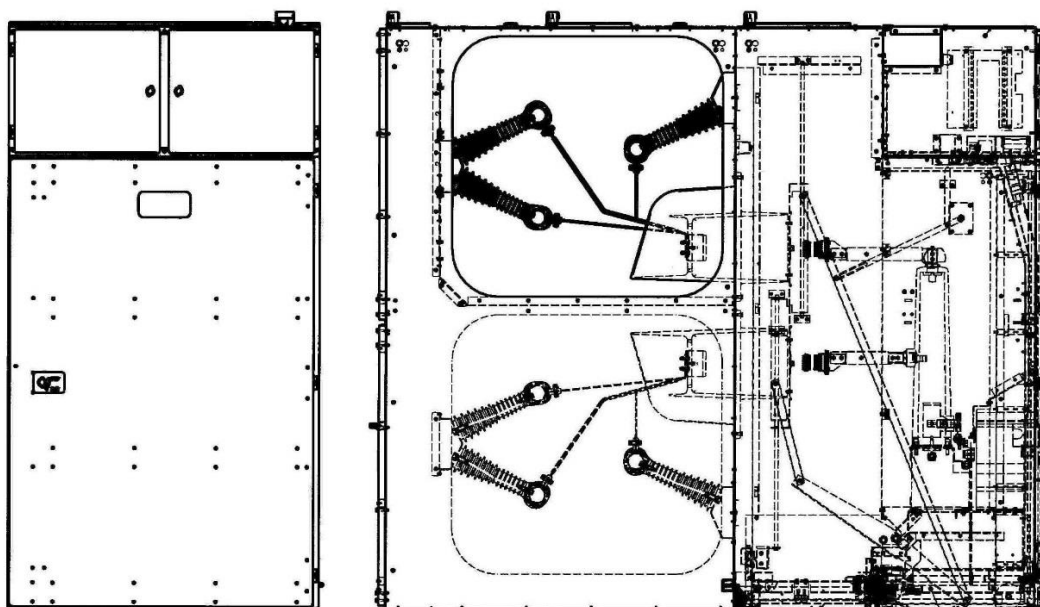


Figura 5. 5. Cela de Seccionamento de barras QBN7

Cela de Chegada / Saída com TT's no Barramento ou nos Cabos

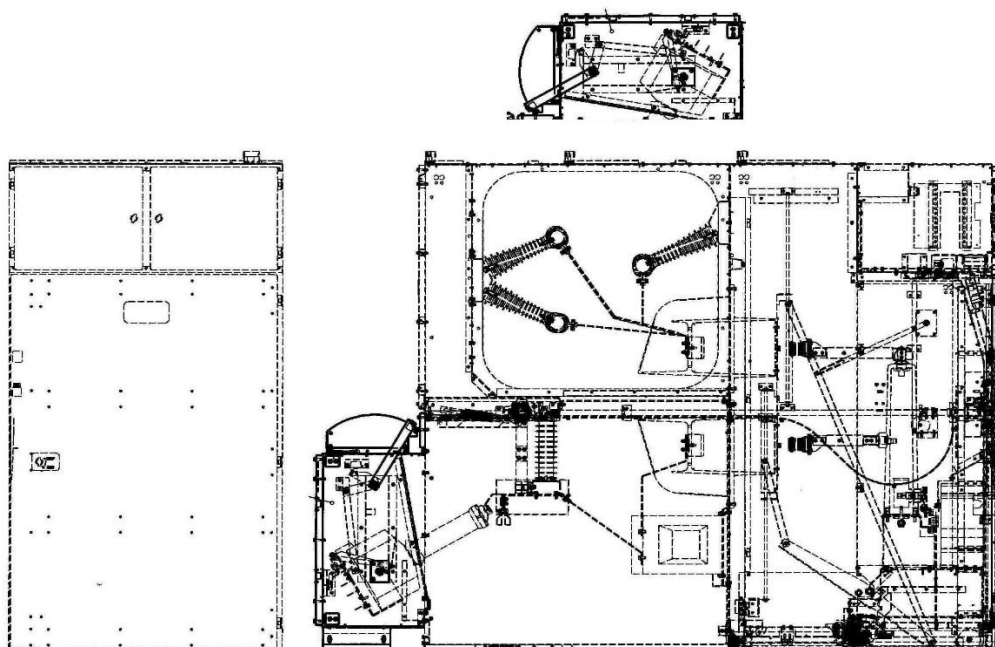


Figura 5. 6. Cela de Chegada / Saída com TT's no Barramento ou nos Cabos QBN7

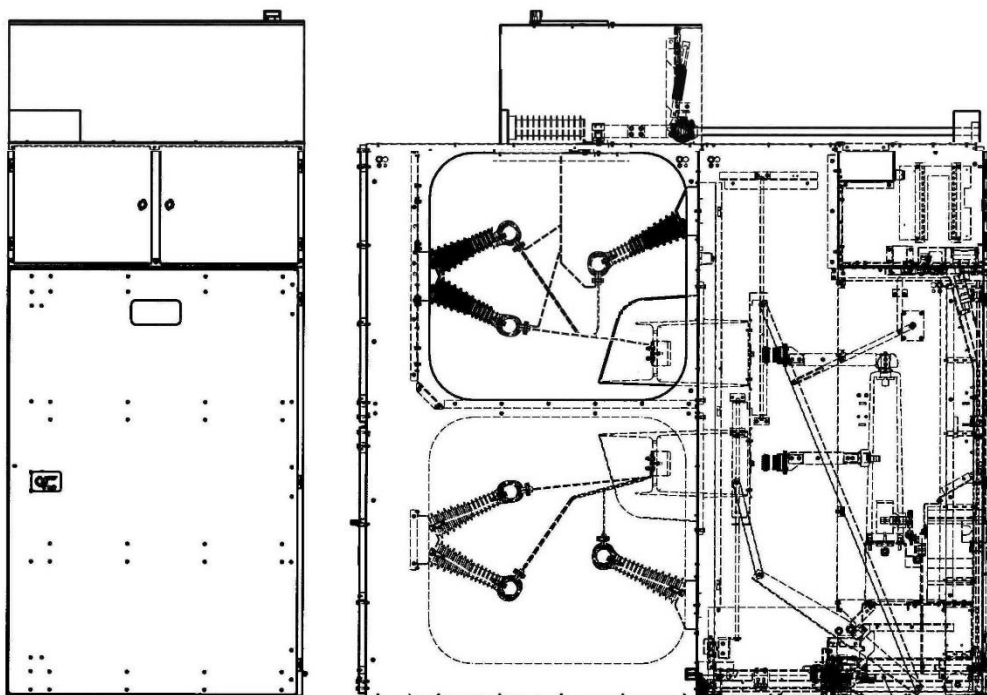
Cela de Seccionamento de Barras com ST no Barramento

Figura 5. 7. Cela de Seccionamento de Barras com ST no Barramento QBN7

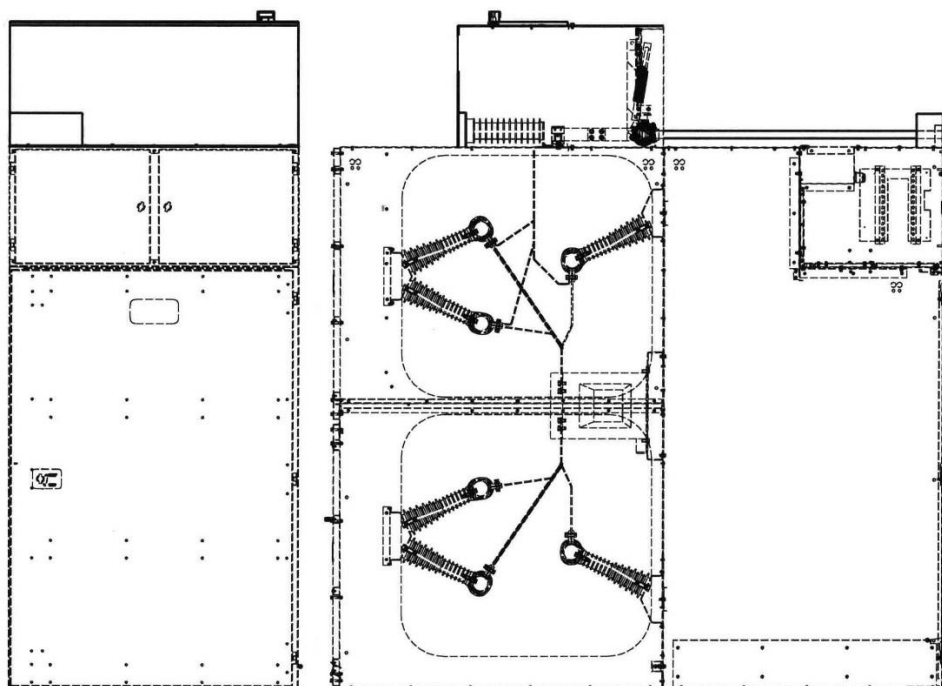
Cela de Subida de Barras com ST no Barramento

Figura 5. 8. Cela de Subida de Barras com ST no Barramento QBN7

5.1.2. NORMACEL

Os Quadros de Média Tensão NORMACEL (Figura 5.9) são blindados e compartimentados, de isolamento no ar, de construção modular e facilmente extensível. A área de instalação ocupada é bastante reduzida, sem comprometer a simplicidade da exploração, assim como a acessibilidade para a manutenção. A operação dos equipamentos é feita exclusivamente pela parte frontal, o que permite que os QMT possam ser instalados encostados à parede, reduzindo ainda mais a área necessária. A construção dos QMT é resistente ao arco interno conforme IEC 62271-200. As celas são equipadas com disjuntores extraíveis de corte no vácuo do tipo DIVAC. As Celas têm capacidades de curto-circuito até 50 kA. [11]



Figura 5. 9. NORMACEL Barramento Simples

Características do NORMACEL

- Construção modular;
- Extensível;
- Área de instalação reduzida;
- Simplicidade de operação;
- Operado exclusivamente pela zona frontal;
- Resistente ao arco interno;
- Equipado com disjuntor de corte no vácuo com duração elétrica e mecânicas acrescidas;
- Possibilidade de instalação contra parede;
- Manutenção reduzida e fiável;
- Introdução/extração do disjuntor com a porta de segurança fechada;
- Diversos equipamentos opcionais conforme as especificações do cliente.

Tabela 5. 2. Características NORMACEL

Características Elétricas			
Tensão nominal	12 kV	17.5 kV	24 kV
Nível de isolamento Ao choque (1,2 / 50µs) Frequência industrial	75 kVp (95 kVp) 28 kV/min	95 kVp 38 kV/min	125 kVp 50 kV/min
Frequência	50 Hz/60 Hz		
Corrente nominal	630 até 4000 A		
Poder de fecho	até 63 kAp	até 100 kAp ou 125 kAp	até 63 kAp
Corrente nominal de curta duração	até 25 kA (3s)	até 40 kA (3s) ou 50 kA (1s)	até 25 kA (3s)
Características Mecânicas			
Grau de proteção	IP3X (IP41 sob pedido)		
Cor <i>standard</i>	RAL 7035		
Condições normais de serviço			
Temperatura ambiente	Básico -5°C / +40°C	Opção -10°C / +55°C	
Dimensões (mm)			
Altura	2175	2175	2500
Profundidade	1570	1750	1730
Largura			
< 1250 A; <25 kA	600	700	800
< 1250 A; <50 kA	n/a	750	n/a
2500 A	750	850	900
3500 A / 4000 A	n/a	1000	n/a

Constituição do NORMACEL

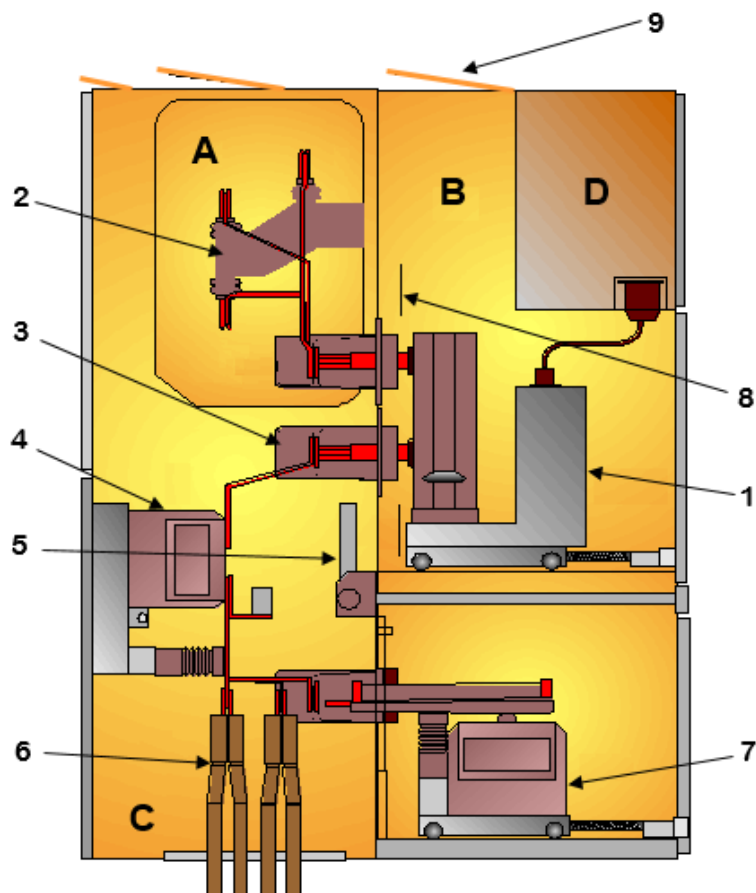


Figura 5. 10. Constituição - NORMACEL

- A-** Compartimento do Barramento
- B-** Compartimento do Disjuntor
- C-** Compartimento de Cabos
- D-** Compartimento de BT
- 1-** Disjuntor
- 2-** Isolador Suporte do Barramento
- 3-** Travessias
- 4-** Transformador de Corrente
- 5-** Seccionador de Terra
- 6-** Terminais de Cabos
- 7-** Transformador de Tensão extraível
- 8-** Cortina
- 9-** Dispositivo de escape de sobrepressões

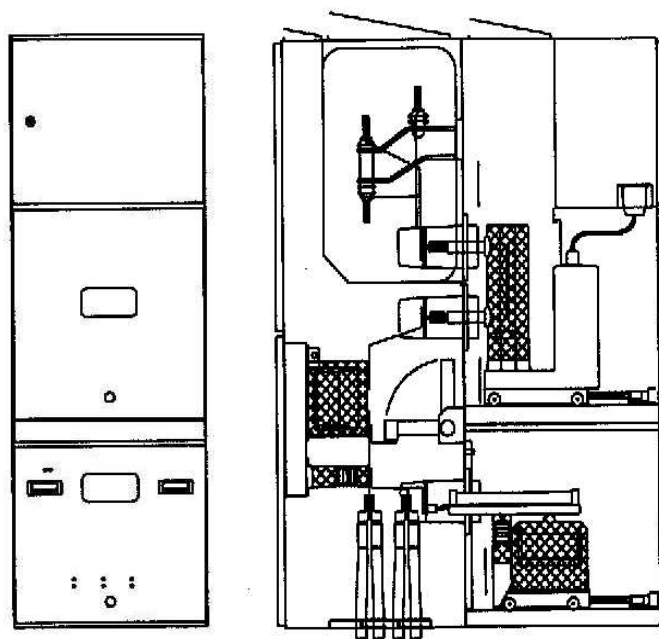
Cela de Chegada / Saída

Figura 5. 11. Cela de chegada/saída NORMACEL

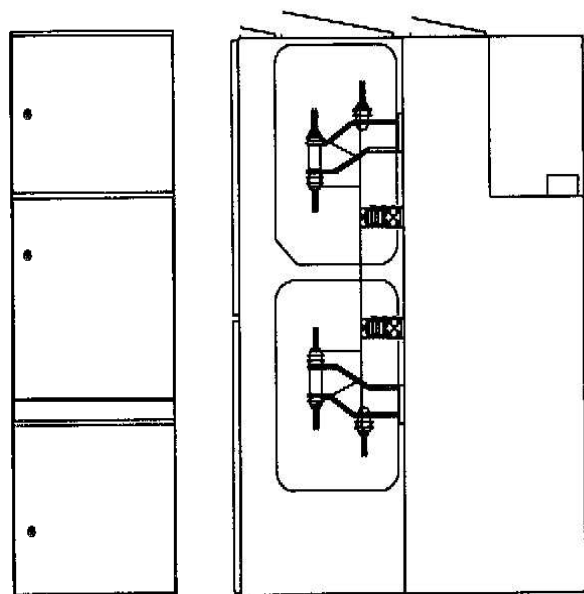
Cela de Subida de Barras

Figura 5. 12. Cela de Subida de Barras NORMACEL

Cela de Seccionamento de Barras

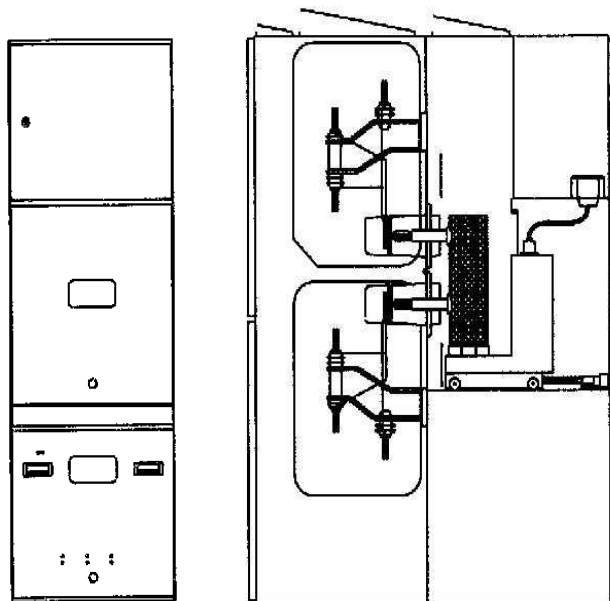


Figura 5. 13. Cela de Seccionamento de Barras NORMACEL

Cela de Chegada / Saída com TT no barramento

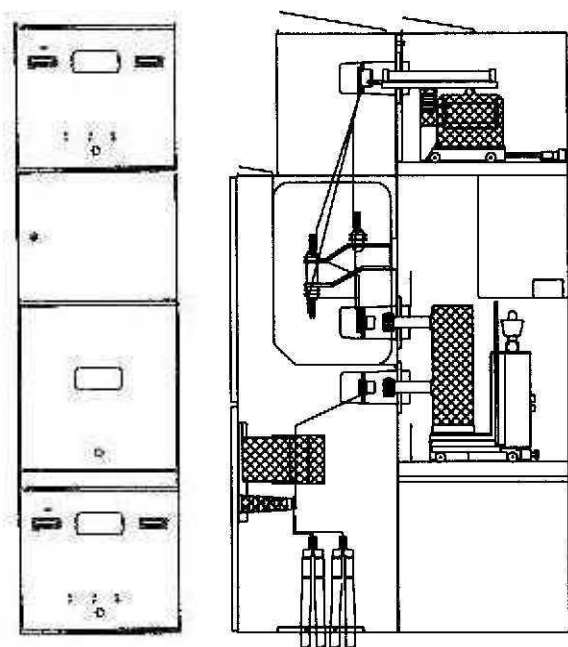


Figura 5. 14.Cela de Chegada / Saída com TT no barramento NORMACEL

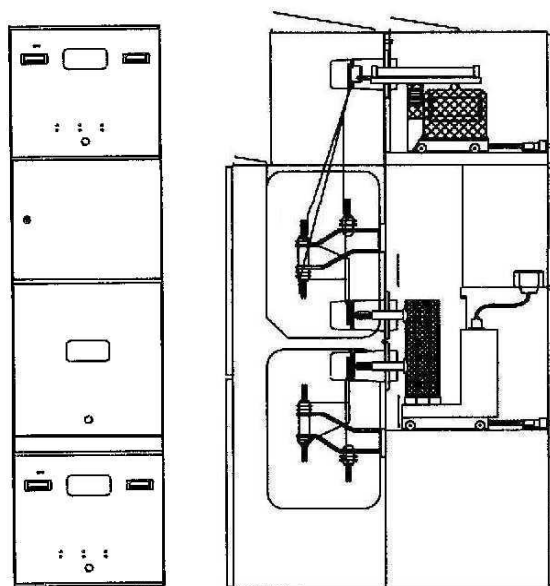
Cela de Seccionamento com TT no barramento

Figura 5. 15. Cela de Seccionamento com TT no barramento NORMACEL

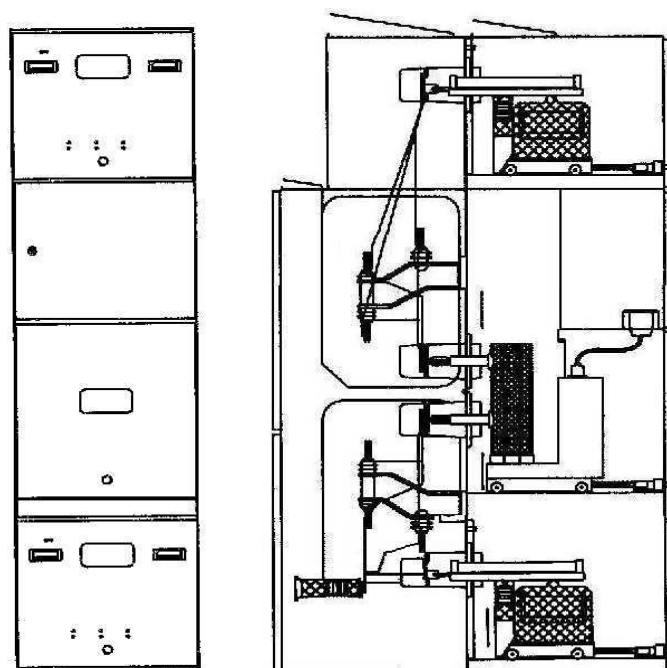
Cela de Seccionamento com duplo TT no barramento

Figura 5. 16. Cela de seccionamento com duplo TT no barramento NORMACEL

Constituição do NORMACEL Barramento Duplo

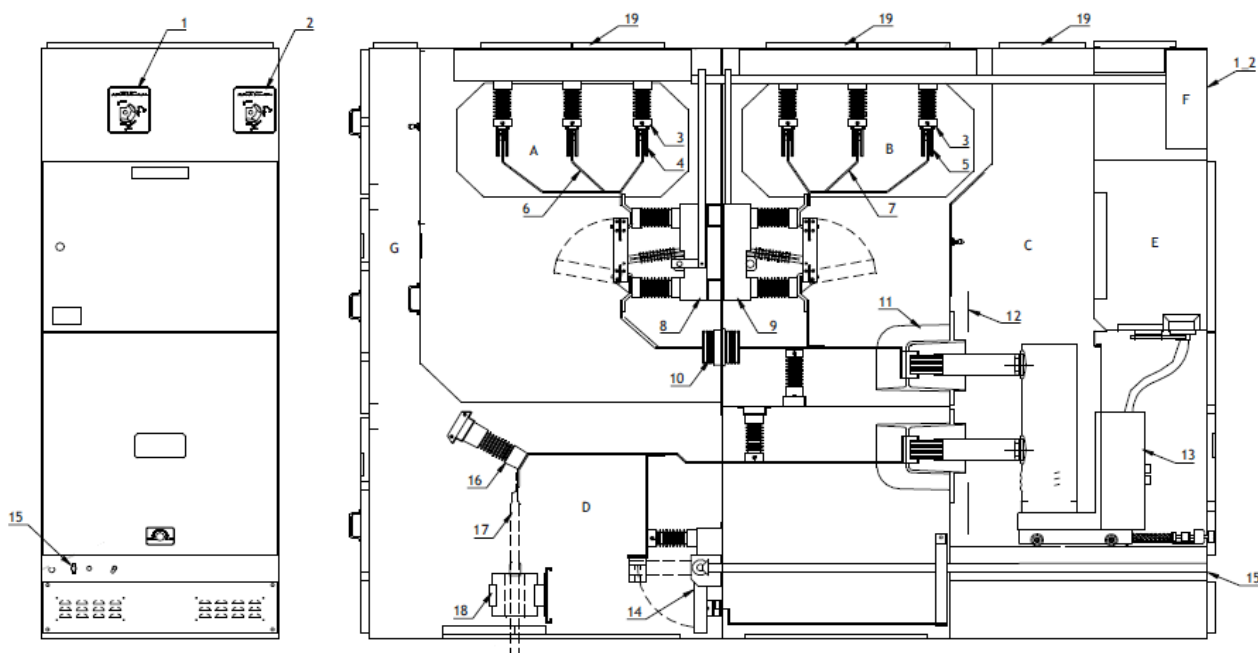


Figura 5. 17. Constituição - NORMACEL Duplo Barramento

- A- Compartimento do barramento principal
- B- Compartimento do barramento auxiliar
- C- Compartimento do disjuntor
- D- Compartimento de cabos
- E- Compartimento de baixa tensão
- F- Compartimento de comando do seccionador
- G- Compartimento de saída de gases de arco interno
- 1- Comando do seccionador do barramento principal
- 2- Comando do seccionador do barramento auxiliar
- 3- Isolador suporte do barramento
- 4- Barramento principal geral
- 5- Barramento auxiliar geral
- 6- Barramento principal derivação
- 7- Barramento auxiliar derivação
- 8- Seccionador do barramento principal
- 9- Seccionador do barramento auxiliar
- 10- Isolador suporte
- 11- Travessias Monopolares
- 12- Cortina
- 13- Disjuntor
- 14- Seccionador de terra
- 15- Comando do seccionador de terra
- 16- Isolador capacitivo
- 17- Cabos
- 18- Transformador de Corrente
- 19- Sistema de arco interno

5.2. Distribuição Secundária - Efacec

A distribuição secundária é uma das tendências futuras. A Efacec Aparelhagem tem soluções adequadas às necessidades do cliente em qualquer local geográfico, tendo em conta as exigências ambientais que envolvem a gama.

Existem soluções para as instalações interiores ou exteriores como as celas isoladas a gás (RMU) ou isoladas a ar, com diversas funções disponíveis.

A gama de soluções para a Distribuição Secundária é constituída por:

- Capacidade de curto-circuito até 20 kA, correntes nominais até 1250 A;
- Construção modular e compartimentada;
- Disjuntor de corte no vácuo de manutenção reduzida e montagem fixa ou extraível;
- A segurança do operador e da instalação é garantida pelo ensaio de arco interno, classes de acessibilidade AFL e/ou AFLR com duração até 1 s;
- A continuidade de serviço está presente no desenho do equipamento, com várias hipóteses de supervisão do estado;
- A gama NORMAFIX utiliza disjuntores de corte no vácuo e barramento com isolamento no ar;
- A gama FLUOFIX utiliza disjuntores de corte no vácuo e isolamento integral em SF₆;

5.2.1. NORMAFIX

Os QMT NORMAFIX (Figura 5.18) são quadros modulares, com isolamento no ar para colocação em redes de média tensão, bem como nas mais variadas indústrias e aplicações, que lhe conferem uma elevada versatilidade no momento da configuração personalizada em função do projeto.

As celas são totalmente concebidas em chapa de aço, estruturadas em unidades modulares e equipadas com diversas funções tais como a inclusão de interruptores e disjuntores e a sua construção modular, que permite a incorporação de várias opções e esquema elétrico. Este produto está disponível para tensões até 36 kV, adaptado aos mercados de qualquer área geográfica. As suas aplicações na distribuição secundária vão desde a produção de energia, até às redes de distribuição de energia elétrica públicas e privadas. [11]



Figura 5. 18. NORMAFIX

Características do NORMAFIX

- Quadro modular de isolamento no ar;
- Equipado com interruptor seccionador de corte em SF₆;
- Equipado com disjuntor de vácuo ou de SF₆;
- Construção modular;
- Simplicidade de instalação e de extensão;
- Desenvolvido de acordo com a Norma Internacional IEC 62271-200;
- Resistente ao arco interno;
- Duração elétrica e mecânica acrescida (classe E3 M2);
- Possibilidade de análise termográfica (opção).

Tabela 5. 3. Características NORMAFIX

Características Elétricas				
Tensão nominal	12 kV	17.5 kV	24kV	36 kV
Nível de isolamento Ao choque (1,2 / 50µs)	75 kVp	95 kVp	125 kVp	170 kVp
Frequência industrial	28 kV/min	38 kV/min	50kV/min	70 kV/min
Corrente nominal	630A			630/1250A
Corrente de curta duração admissível	16kA (3s); 20 kA (1s)			
Dimensões (mm)				
Altura	1575			
Profundidade	860			
Largura	375/500/750/1000		600/1200	

Constituição do NORMAFIX

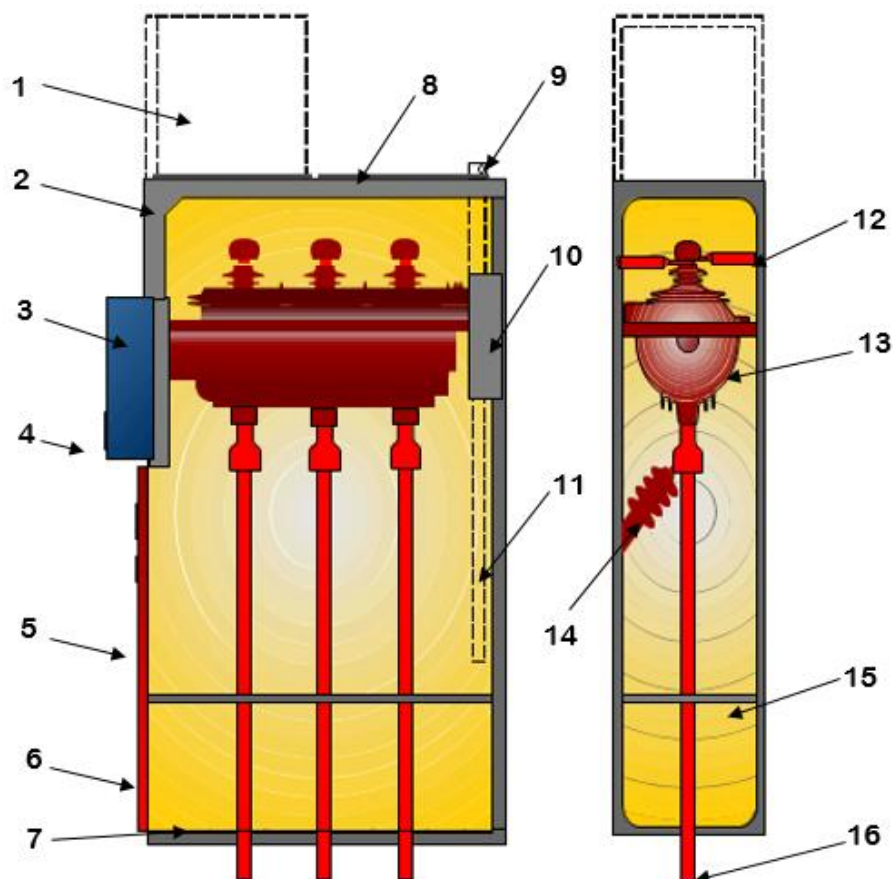


Figura 5. 19. Constituição - NORMAFIX

- 1- Compartimento Suplementar de BT
- 2- Localização dos bornes de BT (caso inexistência do compartimento BT)
- 3- Comando ISF
- 4- Sinalizadores de Tensão
- 5- Visor de verificação da posição do ST
- 6- Porta de acesso ao compartimento inferior
- 7- Compartimento inferior
- 8- Pannel de acesso ao barramento
- 9- Coletor Geral Terra
- 10- Chaminé de Segurança
- 11- Derivação do Coletor Geral Terra
- 12- Barramento
- 13- Interruptor seccionador de 3 posições ISF
- 14- Divisor de tensão capacitivo
- 15- Chapa de fundo
- 16- Cabos

5.2.2. FLUOFIX GC

Celas modulares e compactas com isolamento integral em SF₆ para colocação em redes de média tensão até 36 kV. Solução modular de fácil instalação devido às suas dimensões e peso.

A segurança de operação é garantida devido a ensaios realizados em conformidade com as mais exigentes normas bem como pela construção e estanquidade das soluções.

A solução compacta pode incorporar até cinco funções numa só cuba de aço inoxidável, com isolamento integral em SF₆ à pressão relativa de 0,3 bar.

As celas FLUOFIX (Figura 5.20) são insensíveis face às condições ambientais mais agressivas, têm uma longa duração e ausência de manutenção das partes ativas proporcionadas pelo isolamento integral em SF₆. [11]



Figura 5. 20. FLUOFIX

Características do FLUOFIX

- Quadro compacto com isolamento em SF₆;
- Equipado com interruptor seccionador de corte em SF₆;
- Com disjuntor de corte no vácuo;
- Desenvolvido de acordo com a Norma Internacional IEC 62271-200;
- Resistente às condições ambientais;
- Versão compacta ou modular;
- Resistente ao arco interno;
- Duração elétrica e mecânica acrescida (classe E3 M2);
- Tanque em inox.

Tabela 5. 4. Características FLUOFIX

Características Elétricas				
Tensão nominal	12 kV	17.5 kV	24kV	36 kV
Nível de isolamento Ao choque (1,2 / 50µs)	75 kVp	95 kVp	125 kVp	170 kVp
Frequência industrial	28 kV/min	38 kV/min	50kV/min	70 kV/min
Corrente nominal	até 630 A			
Corrente de curta duração admissível	25 kA (1s)	20 kA (1s)		
Temperatura	-25 °C / +40°C			
Dimensões (mm)				
Altura	1279			1729
Profundidade	727 / 892			900 / 1155
Largura	370 a 2010			450 a 2250
Características mecânicas				
Grau de Proteção	IP67			

Constituição do FLUOFIX GC

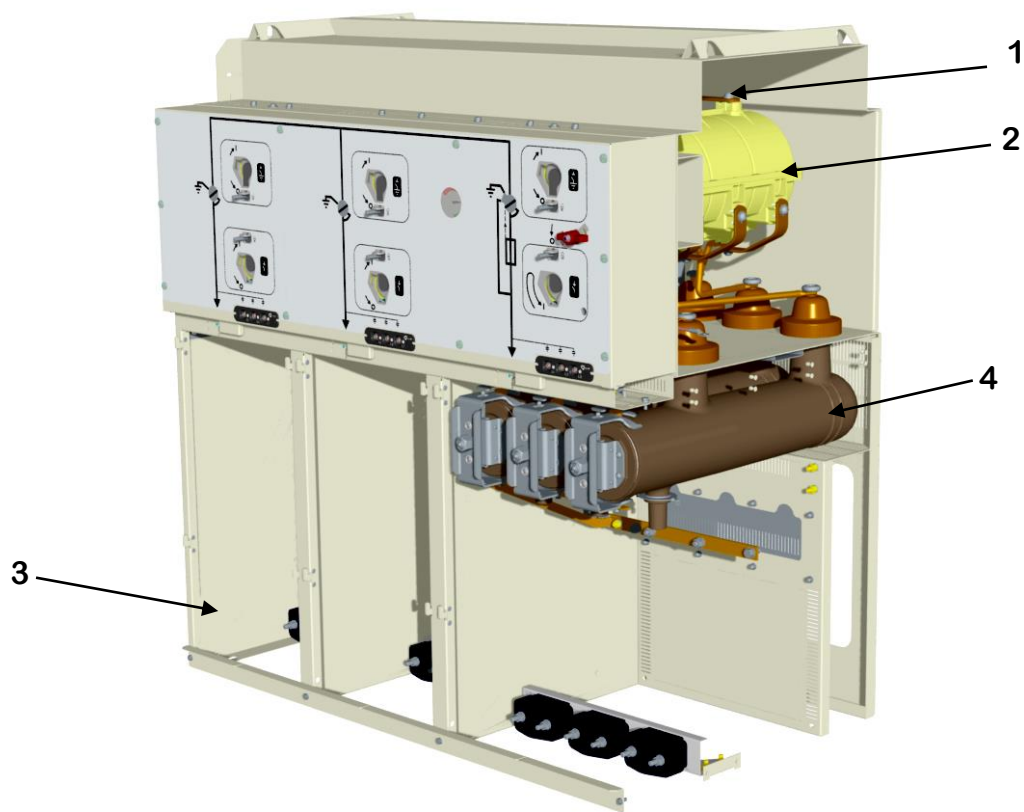


Figura 5. 21.Constituição - FLUOFIX

- 1- Barramento
- 2- Interruptor seccionador ISFG
- 3- Compartimento de cabos
- 4- Porta fusíveis em resina epóxida

6. CONDIÇÕES LABORATORIAIS E ENSAIOS

A existência de um laboratório e a realização de ensaios no mesmo é de uma extrema importância numa empresa no âmbito energético, permite que sejam executados vários tipos de ensaios (ex: Ensaio de Choque/Dielétrico, ensaio de Descargas Parciais) garantindo assim a segurança e a possibilidade de executar melhorias nos produtos. Este capítulo destina-se a descrição de um Laboratório de alta tensão, dos seus ensaios e à enumeração e descrição dos equipamentos necessários na realização de um Ensaio de Choque/Dielétrico.

6.1. Laboratório

Os laboratórios de alta tensão são um instrumento fundamental para a realização de estudos e testes de validação de equipamentos, que serão posteriormente empregues nos sistemas elétricos.

As principais atividades de um laboratório de alta tensão consistem na realização de ensaios dielétricos a equipamentos ou à simulação de condições de serviço de sistemas de alta tensão, sendo que na sua maioria, estes ensaios podem ser de suportabilidade ou de disrupção.

Os ensaios típicos realizados num laboratório são: [18] [19]

- Ensaios de suportabilidade ou disrupção em AC, DC, choque atmosférico e choque de manobra; a seco, sob chuva ou poluição artificial;
- Medição de perdas por Efeito Coroa em AC ou DC;
- Medição da Tangente Delta ($\tan\delta$);
- Medição de perdas em transformadores em vazio ou em carga;
- Ensaios ao comportamento térmico do equipamento;
- Medições de descarga parcial e RIV (*Radio Interference Voltage*).

Outra das atividades realizada em um laboratório é à investigação e trabalho de desenvolvimento de equipamentos. Estas incluem a determinação de fatores de segurança de dielétricos e estudos de fiabilidade sob diferentes condições atmosféricas tais como chuva,

nevoeiro, poluição industrial, entre outros, a tensões superiores às tensões normais de funcionamento.

Os temas de investigação mais comuns são: [18]

- Disrupção em meios isolantes como gases, líquidos, sólidos ou materiais compósitos;
- Tensão suportável em afastamentos longos ou estudos de contornamento em isoladores;
- Estudos de interferência elétrica devido a descargas de equipamentos que operam em alta tensão;
- Estudos de coordenação de isolamento em sistemas de alta tensão;
- Estudo de fenómenos de alta corrente como arcos elétricos e fenómenos físicos de plasma.

6.2. Ensaio de Choque/ Dielétrico

Um dielétrico é uma substância que tem propriedades isoladoras, ou seja, não é condutora. Nos dielétricos não existem eletrões livres de condução, isto é, todos os eletrões estão ligados aos átomos ou às moléculas do dielétrico.

Se o campo elétrico existente num dielétrico for muito forte, poderá fazer com que a separação entre eletrões e núcleos seja muito grande, podendo mesmo libertar-se alguns eletrões, deixando as respetivas moléculas ionizadas. Este fenómeno constitui uma rutura do dielétrico, o que faz com que apareçam cargas livres, transformando o dielétrico num condutor. Contudo, as cargas livres desaparecem rapidamente devido à ação do campo.

Um raio é um exemplo típico de rutura de um dielétrico. As tempestades ocorrem quando existem campos intensos entre as nuvens e os objetos na superfície da Terra. O ar é um dielétrico que não permite a passagem de cargas entre as nuvens e os objetos. Quando o campo fica muito intenso, dá-se uma rutura de algumas moléculas do ar e ocorre uma descarga elétrica brusca. Se o dielétrico fosse um sólido (ex: Cloche), a rutura deixaria fissuras na matéria.

Cada dielétrico é caracterizado por um valor máximo de campo elétrico que pode suportar sem rutura, ou seja, o campo elétrico máximo que um dielétrico pode suportar sem perder as suas qualidades de isolador. Esta caracterização denomina-se de Rigidez Dielétrica

Os dielétricos empregues na indústria do sector elétrico deverão possuir propriedades físicas e químicas compatíveis com outros materiais aplicados no sistema e aceites quer a nível económico, quer a nível ambiental.

Para se realizar uma simulação de uma descarga atmosférica no laboratório é necessário realizar um Ensaio de Choque, este ensaio consiste na aplicação de uma determinada sobretensão num curto espaço de tempo no dielétrico em estudo, podendo assim ser verificado se existe alguma disrupção dielétrica.

Os dielétricos têm que ser escolhidos de acordo com as propriedades mais adequadas para a função que vão desempenhar e para as condições de trabalho e de ambiente em que são inseridos.

Visto que a sua função principal é a de realizar o isolamento de partes ativas e por conseguinte o isolamento de sistemas elétricos de energia, é necessário considerar fatores que influenciam a escolha dos isolantes. [23]

Os mecanismos de rutura dielétrica são extremamente complexos e dependem da forma de onda da tensão aplicada (principalmente da velocidade de crescimento e amplitude) e da natureza dos isolantes (ar, gás, dielétrico sólido ou líquido).

Na prática, a rutura dielétrica distingue-se por Arco elétrico quando a disrupção tem lugar num gás que separa dois eléctrodos metálicos (Figura 6.1).



Figura 6. 1. Exemplo de um Arco elétrico [23]

Classificação dos meios isolantes:

Os meios isolantes são divididos em:

- Sólidos (ex: Resina epóxida);
- Líquidos (ex: Óleo);
- Gasosos (ex: Ar, SF₆).

A maneira mais adequada de distinguir os diferentes tipos de meios isolantes consiste em classifica-los, podendo ser divididos em:

- Meios Isolantes Autorregeneráveis - isolantes líquidos e gasosos:

As suas qualidades isolantes não sofrem perdas ou modificações na sequência de uma descarga disruptiva durante um ensaio dielétrico;

- Meios Isolantes Não-Autorregeneráveis - isolantes sólidos

A ocorrência de uma descarga disruptiva destrói as suas propriedades isolantes e um grande número de choques à tensão nominal pode provocar uma deterioração progressiva do seu isolamento, (devido a esta razão os isolamentos não-autorregeneráveis são ensaiados por aplicação de um número limitado de choques).

Pode-se concluir que os primeiros podem ser novamente colocados sob tensão após a ocorrência de uma rutura dielétrica á qual foram submetidos, sem deterioração. Quanto aos segundos, estes necessitam de uma intervenção que imobilize por um indeterminado tempo o aparelho em causa, o qual pode mesmo ser levado definitivamente à exclusão.

6.2.1. Principais equipamentos de teste e medição para realização de um Ensaio de Choque

Gerador de Impulsos de Tensão

O Gerador de Impulsos de Tensão, também conhecido por Gerador de Marx (Figura 6.2), é basicamente um conjunto de condensadores carregados em paralelo até uma tensão especificada. Quando a tensão de carga desejada é atingida, os condensadores são descarregados em série dando origem a um impulso de tensão cujo valor máximo é a soma da tensão existente em todos os condensadores.

Este equipamento permite a simulação de sobretensões devidas a descargas atmosféricas e sobretensões de manobra.



Figura 6. 2. Gerador de Impulsos de tensão [20]

Espinterómetro de Esferas

O espinterómetro de esferas (Figura 6.3) é um equipamento auxiliar para a calibração dos instrumentos de medida.

Este equipamento é constituído por duas esferas ocas de cobre que podem ser montadas segundo um arranjo horizontal ou vertical, com um espaçamento entre elas, onde uma das esferas é ligada à terra e à outra é aplicada uma tensão. [19]

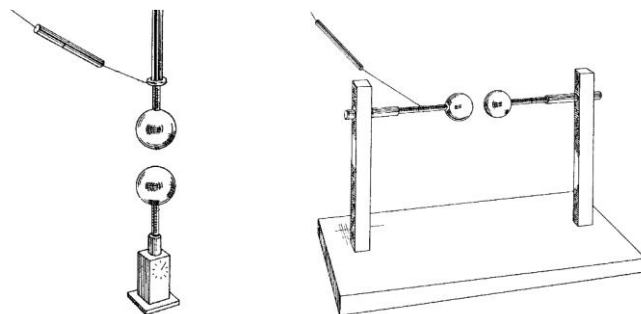


Figura 6. 3. Espinterómetro de esferas de arranjo vertical e de arranjo horizontal [19]

Fontes de Tensão DC

A tecnologia de alta tensão DC é usada maioritariamente em trabalhos de investigação, testes de equipamentos relacionados com sistemas de transmissão em alta tensão DC ou testes de isolamento a cabos e condensadores.

A forma mais eficiente de gerar altas tensões DC é através dos circuitos retificadores [13].

Divisores de Tensão

O divisor de tensão é um equipamento essencial no laboratório de alta tensão, pois permite obter na sua saída uma baixa tensão proporcional à alta tensão que lhe é aplicada.

Este equipamento tem muita importância porque é a sua saída de baixa tensão que é ligada à sala de controlo através de um cabo coaxial, e que permite efetuar a medição da tensão na saída de alta tensão do transformador.

O divisor de tensão consiste num ramo de alta tensão que se encontra ligado à saída de alta tensão do transformador e um ramo de baixa tensão ligado à terra e à sala de controlo. Os tipos de divisores de tensão que existem são os resistivos e os capacitivos. [19]

Instrumentos de Comando

Os instrumentos de comando dos equipamentos permitem ao operador controlar as operações desejadas.

- No caso dos ensaios à frequência industrial, o regular de tensão é controlado a partir da sua respetiva unidade de comando, na qual o operador pode ligar ou desligar a alimentação ao transformador, bem como definir a tensão que lhe é aplicada. Nesta unidade de comando estão também presentes um voltímetro e um amperímetro que indicam a tensão e corrente à saída do transformador.
- No caso dos ensaios realizados com o gerador de impulsos, de tensão ou corrente, estes são controlados a partir do seu respetivo instrumento de comando. Esta unidade permite ao operador determinar parâmetros como a tensão e tempo de carga dos condensadores controlando, assim, a tensão ou corrente de pico do impulso.

Juntamente com o instrumento de comando, encontra-se uma unidade designada DIAS (*Digital Impulse Analyzer System*) (Figura 6.4). Esta unidade comporta um sistema de visualização do impulso gerado, onde é possível analisar os parâmetros como a tensão de pico, tempo de subida e tempo de cauda.



Figura 6. 4. Instrumento de Comando DIAS 733 [21]

Blindagem eletromagnética, terras e segurança

A realização de ensaios em alta tensão dá origem a fenómenos eletromagnéticos que podem interferir com as medições efetuadas às grandezas de interesse, originando resultados imprecisos. Por outro lado, também os campos eletromagnéticos exteriores podem influenciar o próprio ensaio e é por isso que os laboratórios devem estar constituídos por uma blindagem contra interferências eletromagnéticas. [19]

Esta blindagem pode ser realizada através do revestimento das paredes, chão e teto do *hall* de ensaios com chapas metálicas ligadas à terra.[18] [19]

As portas de acesso ao *hall* de ensaios, assim como, as janelas da sala de controlo e possíveis salas de observação devem ser revestidas com uma rede metálica ligada à terra. Esta solução em rede metálica serve para promover a blindagem do *hall* de ensaios e para permitir a visualização dos ensaios que se encontrem a decorrer.

Em relação à terra de proteção, o *hall* de ensaios deve ser devidamente ligado à terra de forma a drenar a corrente proveniente das disrupções ocorridas durante os ensaios e realizar uma proteção de pessoas e equipamento.

A existência de medidas de proteção e segurança no quadro de comando, é importante porque impossibilita o início de ensaios com a porta da sala de controlo ou portão de cargas abertos. No caso de estes serem abertos durante um ensaio, realiza-se a interrupção imediata da alimentação dos sistemas de alta tensão.

6.3. Descargas Parciais

As Descargas Parciais são entendidas como pequenos arcos elétricos que ocorrem dentro de isolamentos de média e alta tensão. Este acontecimento é devido ao colapso elétrico de uma bolsa de ar no interior do isolamento, sendo que estas descargas corroem o mesmo e podem eventualmente resultar em falhas de isolamento.

A ocorrência de DP's pode dar-se em qualquer ponto do isolamento em que a intensidade do campo elétrico excede a rigidez dielétrica do material, sendo que estas emitem energia como:[25][26]

- Emissões acústicas, nas gamas audíveis e de ultrassom;
- Emissões eletromagnéticas, na forma de ondas de rádio, luz e calor;
- Ozono e óxidos de gases de nitrogénio.

A existência de uma descarga pode ocorrer devido a um aumento do campo elétrico num determinado espaço. Este aumento pode ser derivado a mudanças bruscas da natureza do isolante, as quais podem ser causadas pela presença de gás entre as superfícies de um isolador com um condutor ou com outro isolador.

Para uma Descarga Parcial ocorrer num vazio preenchido com gás, duas condições devem ser satisfeitas:

- O campo elétrico no interior do vazio, ou seja o campo elétrico local, deve ser igual ou superior a um campo mínimo de rutura, determinando o campo elétrico inicial associado à descarga.
- Deve existir um campo elétrico designado de Campo de Extinção, abaixo do qual a atividade da descarga deixa de existir.

Para além da presença de gás, existem outros fatores que podem causar a ocorrência de DP's: [24]

- Bolhas de gás no isolamento líquido;
- Vazios no interior de um isolamento sólido;
- Irregularidades na superfície do material isolante;
- Contaminação por partículas na superfície do material isolante;
- Falha mecânica ou danos em materiais de isolamento.

6.3.1. Influência das descargas parciais nos dielétricos

A ocorrência de DP's tem efeitos nocivos para o material isolante. Embora as descargas individuais tenham baixo teor de energia, estas provocam uma deterioração gradual do dielétrico ou, eventualmente, a perfuração do mesmo. Estas situações ocorrem devido à concentração local de campos elétricos e devido às suas características repetitivas, alterando as propriedades do material isolante.

A deterioração dos materiais pode ser causada por diversos fenómenos, como por exemplo:

- Formação de produtos químicos no gás ionizado (ex: ácido nítrico, ozono, etc)
- Bombardeamento iónico, causando aquecimento do ânodo e do cátodo, provocando a erosão destas superfícies e promovendo processos químicos na superfície (ex: formação de gases, polimerização, entre outros);
- Formação de irradiação ultravioleta e raio-x.

A deterioração progressiva e acelerada do dielétrico é provocada pela acumulação destes efeitos, sendo que a deterioração e a expectativa de duração útil do dielétrico está dependente de muitas variáveis, como a quantidade de descargas e a frequência que ocorrem, a amplitude e o gradiente da tensão aplicada ou ainda a magnitude da descarga. [26]

O tipo de material do dielétrico, faz com que alguns efeitos tenham um impacto maior do que outros. Dois dos exemplos entre os diversos materiais utilizados para o isolamento são a resina epóxida e o polietileno. Estes materiais apresentam comportamentos diferentes quando sujeitos à ação do oxigénio e do ozono, sendo que o polietileno possui uma resistência à degradação por oxigénio e ozono muito menor do que a resina epóxida.

7. PROJETO TRAVESSIAS MONOPOLARES

Realizaram-se vários projetos ao longo do estágio, um dos quais foi a reconfiguração das Travessias Monopulares (também conhecidas por “Cloches”). A reconfiguração ocorreu durante o desenvolvimento do QBN7 de largura 1000mm. Esta cela tem os mesmos *ratings* das celas de largura de 1200mm mas é mais compacta.

As Travessias Monopulares situam-se no painel intermédio (Figura 7.1). Este painel realiza a divisão da área do disjuntor com a área do Barramento Geral e Cabos.

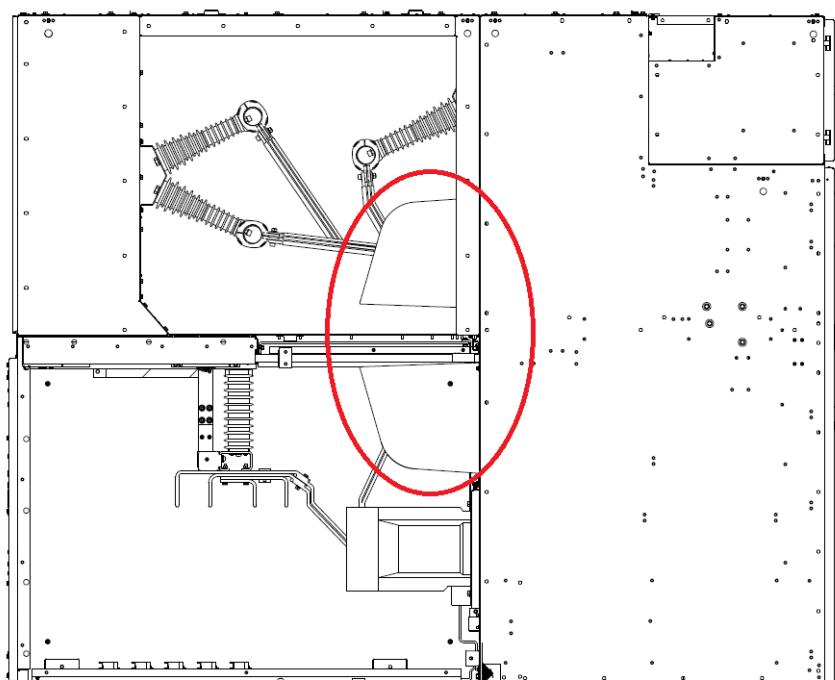


Figura 7. 1. Localização das Travessias Monopulares - QBN7

As Travessias Monopulares (Figura 7.2) são de resina epóxida e têm como principal função a conexão do Disjuntor ao o BG e com os cabos, tendo propriedades de isolamento devido ao facto de serem de um material mau condutor.

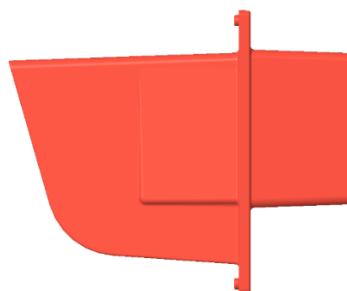


Figura 7. 2. Vista Lateral da Travessia Monopolar

7.1. Testes iniciais

Durante os ensaios no Laboratório da Efacec foram realizados ensaios dielétricos com uma tensão aplicada superior a 170 kV nas celas de 1000mm e constataram-se algumas disrupções. Estas disrupções eram provenientes da área onde se situavam as Travessias Monopulares, devido ao facto destas não estarem a fazer o devido isolamento do resto da estrutura.

As disrupções constatadas eram derivadas do ponto de conexão do Barramento Geral, do disjuntor e da conexão dos Cabos com o painel intermédio, criando um arco que percorria a Travessia Monopolar e ia incidir com o painel intermédio, demonstrado na figura 7.3:

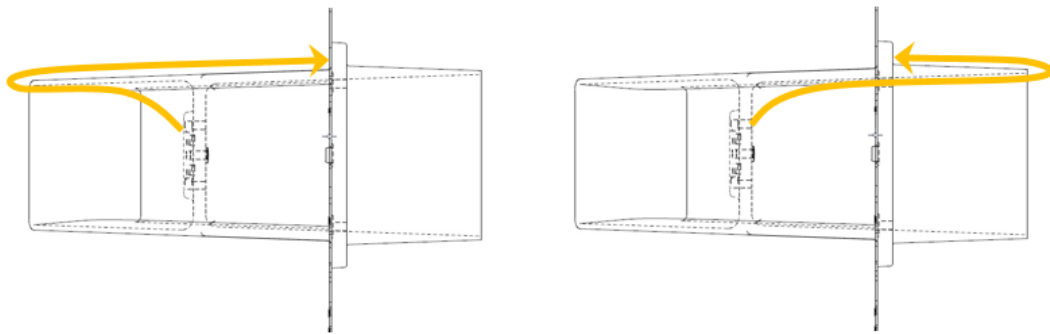


Figura 7. 3. Demonstração de disrupções

A primeira alteração realizada para que fosse possível a extinção das disrupções quando aplicada uma tensão superior a 170 kV, foi a alteração das dimensões (Figura 7.4). Aumentou-se o tamanho da Travessia Monopolar, tanto em termos de comprimento, como em largura, ampliando a distância que seria necessária percorrer pelo arco, para fazer com que este fenómeno fosse eliminado.

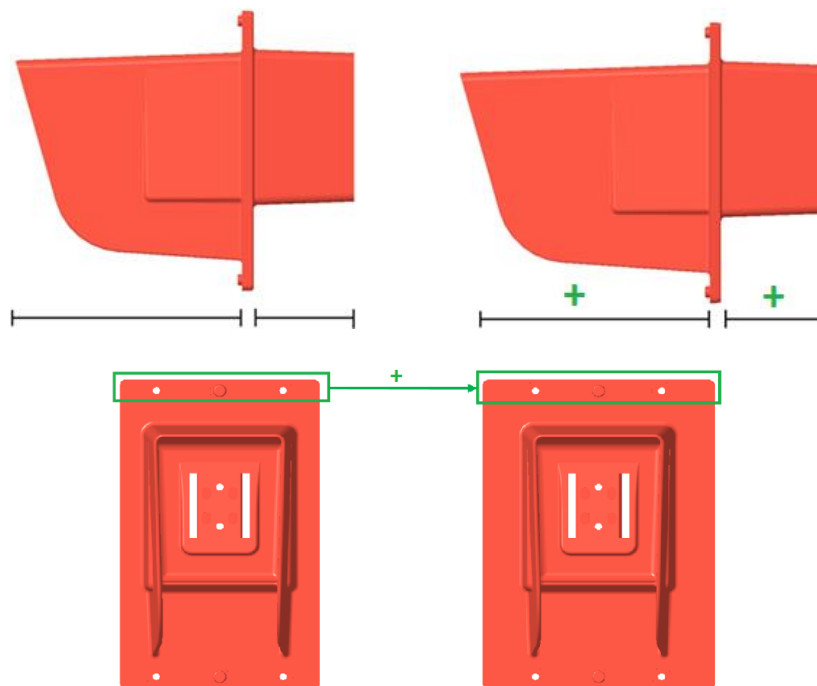


Figura 7. 4. Alteração das dimensões da Travessia Monopolar

Ao ser executada a alteração da largura das Travessias Monopolares, houve a necessidade de efetuar alterações ao nível do painel intermédio. Modificou-se a configuração dos rasgos onde se situam as Travessias Monopolares, como se pode verificar na figura 7.5:

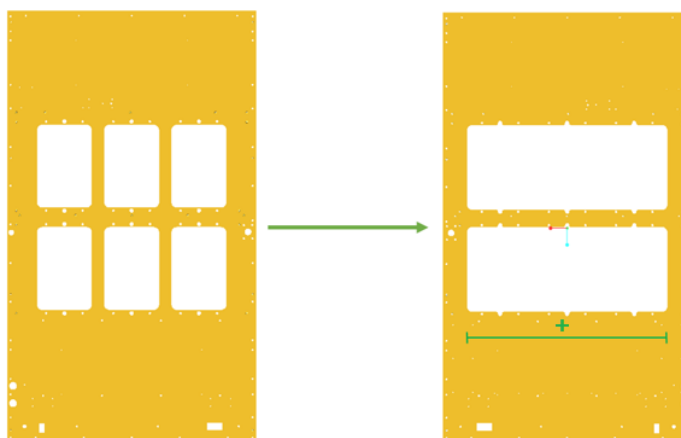


Figura 7. 5. Alteração dos rasgos do painel intermédio

Ao serem concebidas estas alterações (Figura 7.6) foi possível remover a matéria de chapa situada entre as Travessias Monopolares, permitindo assim criar um maior isolamento na zona central porque seria preenchido pelas Travessias Monopolares.

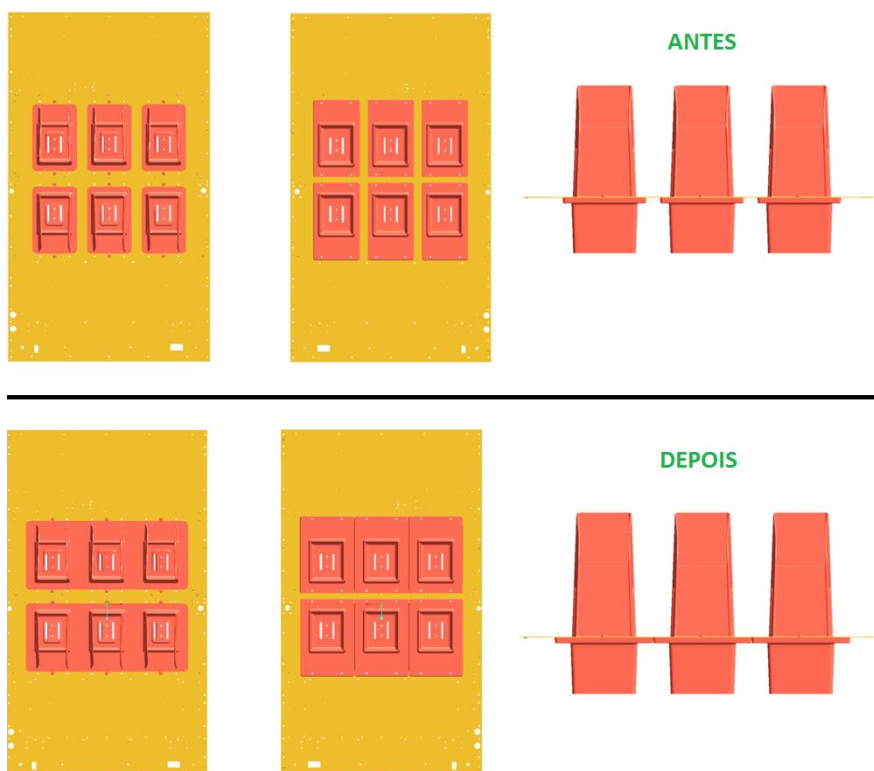


Figura 7. 6. Antes e depois das alterações realizadas

7.2. Testes de validação das alterações

Após a realização das alterações anteriormente mencionadas e aplicadas no QBN7 de 1000mm, houve a necessidade de elaborar novos testes no laboratório da Efacec.

Foram realizados novos ensaios de choque. Estes obtiveram um resultado melhor do que os apresentados nos primeiros testes, mas não continuavam a ser os pretendidos.

Após reflexão e discussão optou-se por se fazer alterações ao nível geométrico da Travessia Monopolar.

Houve a necessidade de criar uma espécie de abas em silicone (Figura 7.7) que seria colocada posteriormente na Travessia Monopolar do lado do disjuntor.



Figura 7. 7. Aba - Disjuntor

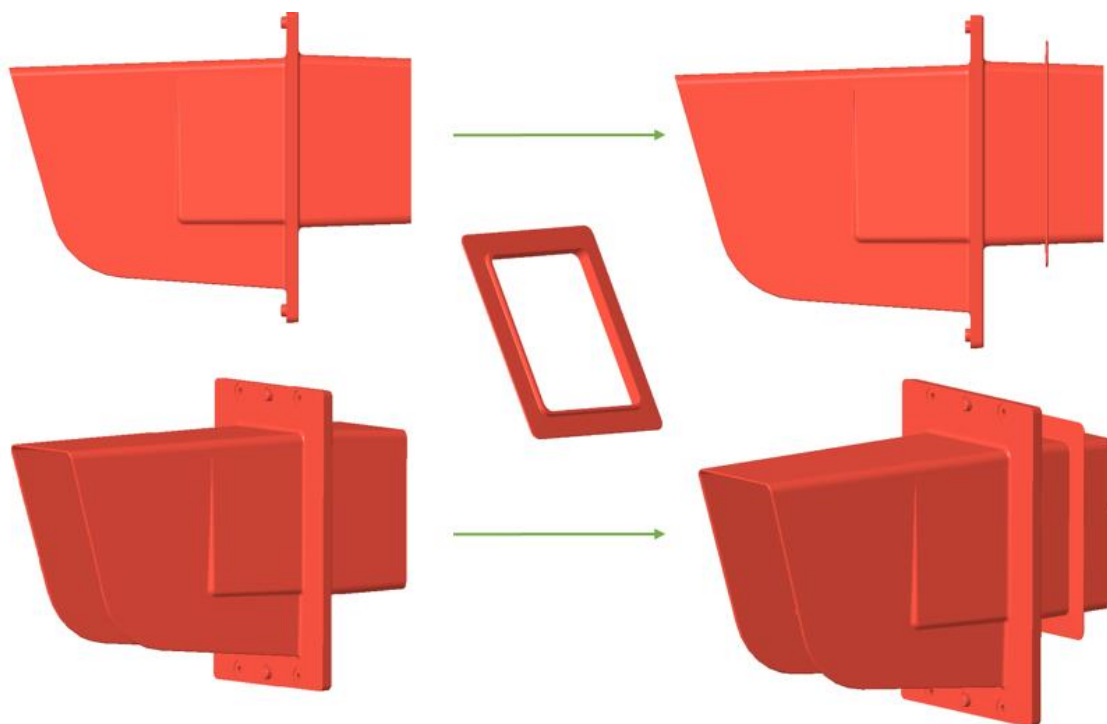


Figura 7. 8. Aplicada aba na Travessia Monopolar no lado do Disjuntor

Após a aplicação da aba nas Travessias Monopolares, realizaram-se de novo ensaios para se verificar se existiu progresso nos resultados.

Depois da realização dos ensaios e análise dos resultados conclui-se que houve melhoria e optou-se, então, pela realização de uma aba também para o lado do BG/Cabos (Figura 7.9).

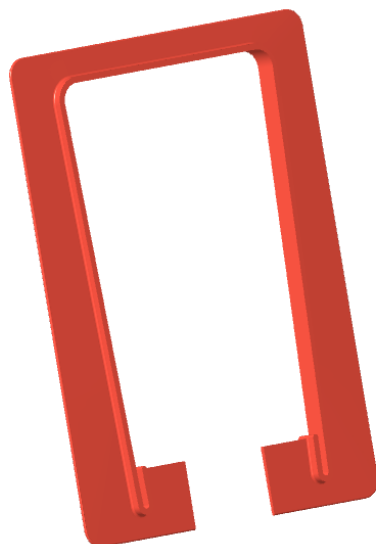


Figura 7. 9. Aba - BG/Cabos

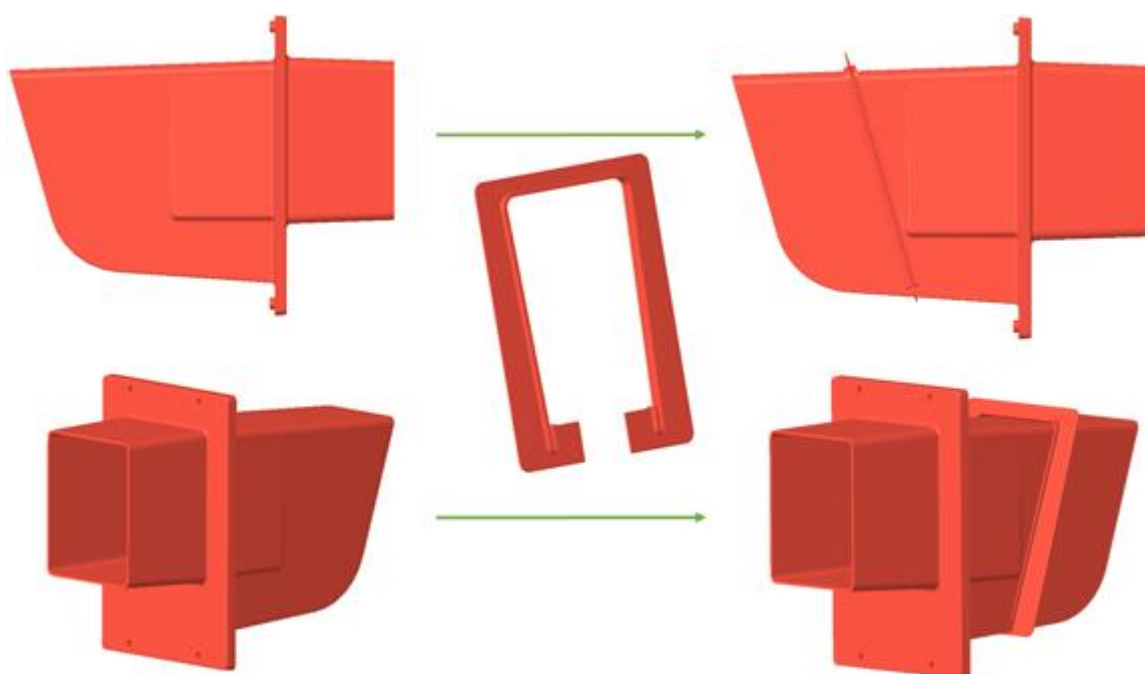


Figura 7. 10. Aplicada aba na Travessia Monopolar no lado do BG/Cabos

Realizaram-se novos ensaios com a intenção de verificar se houve melhoramento na área do BG e Cabos.

Após se ter verificado melhorias tanto na zona do Disjuntor como na zona do BG e de Cabos, foi então a altura de aplicar ambas as abas nas duas zonas das Travessias Monopolares (Figura 7.11) e realizar novos ensaios.

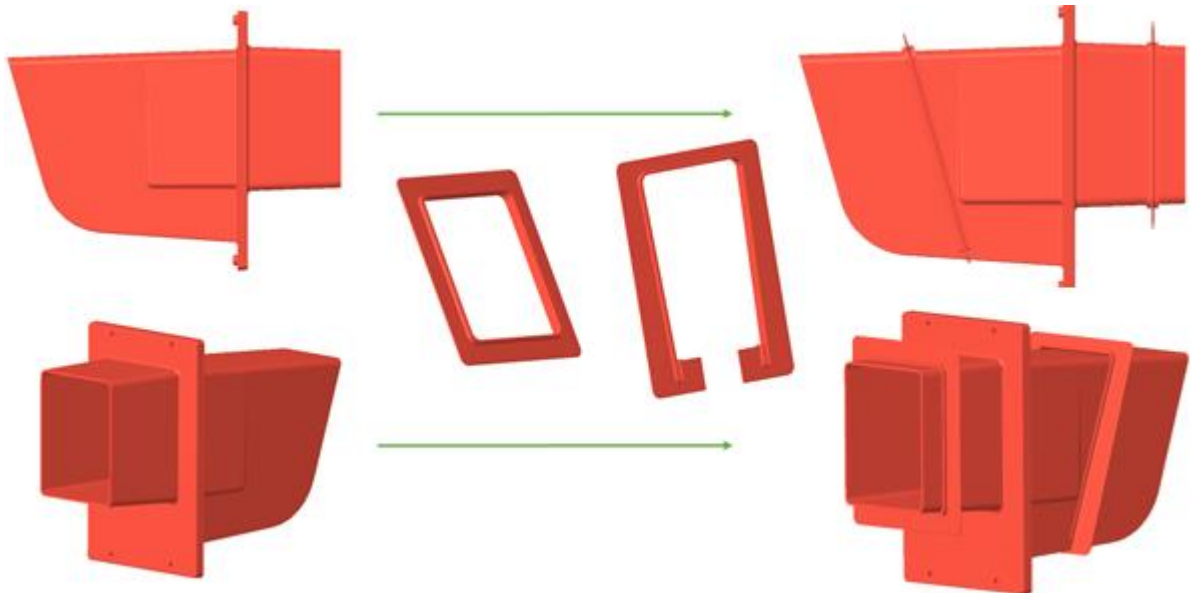


Figura 7. 11. Aplicada aba na Travessia Monopolar em ambos os lados

7.3. Avaliação e validação final

Os resultados provenientes dos ensaios foram totalmente positivos.

Para garantir uma maior margem de segurança optou-se pela aplicação de duas abas na zona do BG/Cabos e duas na zona do Disjuntor (Figura 7.12).

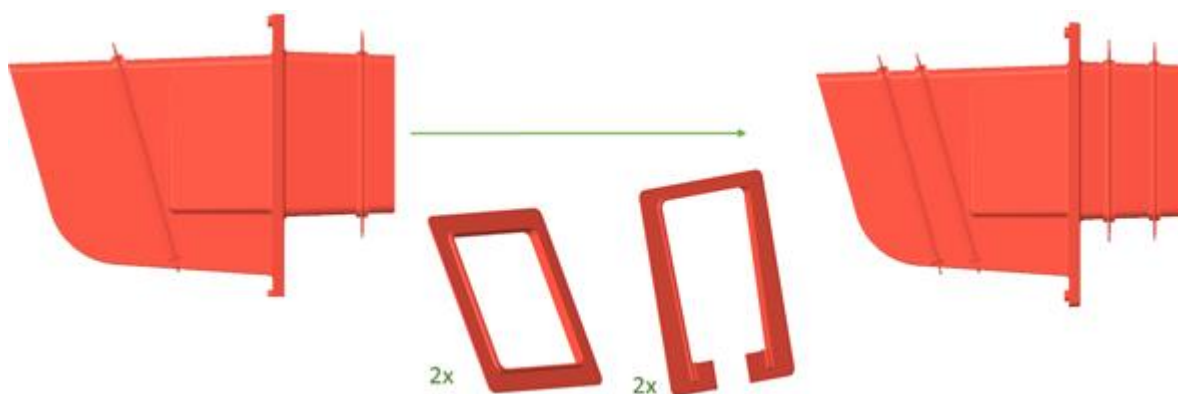


Figura 7. 12. Aplicação de quatro abas

Com as alterações geométricas aplicando as abas nas Travessia Monopolar foi possível aumentar a linha de fuga e conseqüentemente remover por completo as disrupções na zona das Travessias Monopolares, conseguindo assim obter uma margem de 5% nos ensaios de choque passando de 170 kV para 178,5 kV sem disrupções dielétricas (Anexo-C).

7.4. Certificação

Após realização dos ensaios no laboratório interno da Efacec e estes terem sido totalmente positivos, existiu a necessidade de realizar ensaios num laboratório externo internacional acreditado. A realização de ensaios num laboratório externo é de extrema importância para obtenção da devida certificação. A certificação garante que o produto posteriormente vendido esteja conforme as normas, garantindo assim um bom funcionamento e a devida segurança.

Os ensaios deste painel de distribuição foram realizados em Milão no *Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano* (CESI).




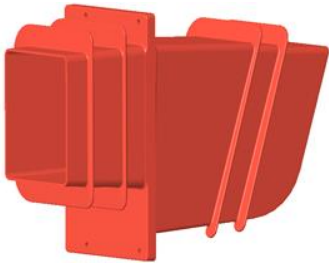
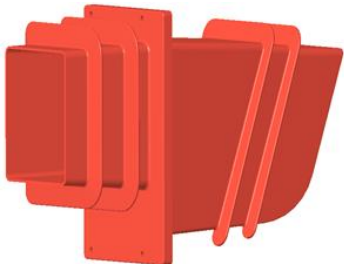
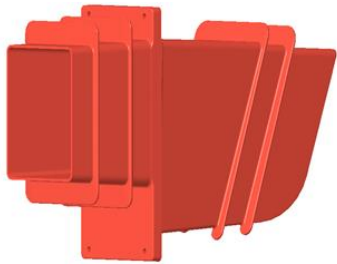
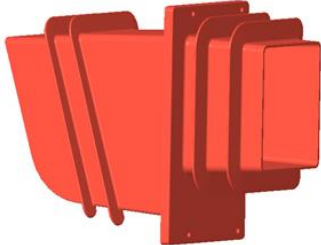
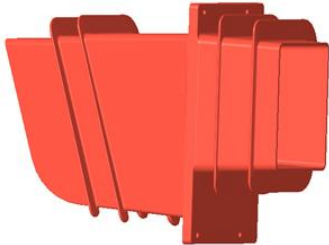
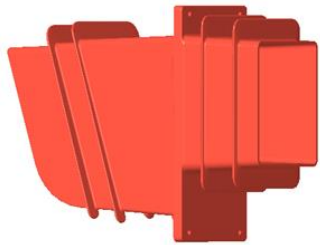



A realização dos ensaios no CESI confirmaram o que já se tinha constatado nos ensaios elaborados no laboratório da Efacec, obtendo assim a devida certificação (ANEXO-D).

7.5. Futuro

A necessidade de reconfigurar as Travessias Monopulares ao nível das dimensões e aplicação das abas para as celas QBN7 de largura 1000mm, contribuíram para uma eliminação total de disrupções, mas devido ao facto de ser necessário aplicar as abas de silicone em cada Travessia Monopolar, houve a necessidade de desenvolver uma cloche que já contenha essa configuração (Tabela 7.1), eliminando assim a necessidade de aplicar as abas posteriormente e encarecendo o produto.

Para estas Travessias Monopulares será desenvolvido um molde novo onde as abas serão de resina epóxida e terá postigos para criar 3 tipos de Travessias Monopulares diferentes para as 3 fases (Anexo-E).

Tabela 7. 1. Demonstração das Travessias Monopulares Futuras para as 3 Fases

Fase L1 (X-01)	Fase L3 (X-02)	Fase L2 (X-03)
		
		
		
		

8. CONCLUSÃO

Os Painéis de Distribuição de Média Tensão são essenciais para uma eficaz e segura distribuição de energia elétrica, permitindo que esta seja levada a todos os pontos geográficos.

A realização do estágio foi fundamental para uma aprendizagem mais sólida do que já tinha sido adquirida na teoria ao longo do percurso académico, tendo um impacto crucial para o início do percurso profissional.

Os objetivos propostos para o estágio foram alcançados com muita dedicação e interajuda de todos os elementos da equipa de Engenharia de Produto e da equipa de Laboratório.

O estudo e desenvolvimento de Painéis de Distribuição de Média Tensão permitiu aprofundar conhecimentos em vários campos, tais como: na distribuição primária/secundária, desenvolver capacidades de modelação 3D recorrendo ao PTC Creo; conhecimento de programas próprios da Efacec; alargar conhecimento a nível laboratorial; interação com fornecedores. Assim sendo, foi possível perceber como funciona uma empresa de grande importância nacional.

O acompanhamento de perto dos ensaios teve um papel fundamental para uma melhor aprendizagem e perceção dos fenómenos das descargas parciais e disrupções dielétricas.

A realização de diversas formações teve um papel fundamental para a aquisição de novos conhecimentos e consolidação dos anteriormente adquiridos.

A decisão de realizar o estágio como conclusão do mestrado, revelou-se ser a melhor opção possível a tomar, pois permitiu conhecer um pouco mais do mundo do trabalho, adquirir conhecimentos e aprofundar os já existentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Logotipo e Slogan - Efacec. URL:
https://paginas.fe.up.pt/~careerfair/2013/register/public/upload/1_logo_slogan.jpg
[último acesso em 07-05-2016]
- [2] Apresentação Efacec. URL:
http://www.efacec.pt/PresentationLayer/efacec_ctexto_00.aspx?idioma=1&local=5&area=1 [último acesso em 07-05-2016]
- [3] Presença da Efacec no Mundo. URL:
http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/Gr%C3%A1ficos/mapa_web.png [último acesso em 07-05-2016]
- [4] Apresentação Efacec. URL:
http://www.efacec.pt/PresentationLayer/efacec_ctexto_00.aspx?idioma=1&local=6&area=1 [último acesso em 07-05-2016]
- [5] Montagem de um motor elétrico. URL:
<http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/fotos/historia/1374.jpg>
[último acesso em 14-05-2016]
- [6] Antigo Pólo da Arroteia. URL:
<http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/fotos/historia/Arroteia.jpg>
[último acesso em 14-05-2016]
- [7] EFACEC – Arroteia. URL:
<http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/fotos/historia/1.jpg>
[último acesso em 14-05-2016]
- [8] Maior unidade trifásica contruída em Portugal 1976. URL:
<http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/fotos/historia/2118.jpg>
[último acesso em 14-05-2016]
- [9] História da Efacec. URL:
http://www.efacec.pt/presentationlayer/efacec_historia_00.aspx?idioma=1
[último acesso em 14-05-2016]
- [10] Evolução do Logotipo da Efacec. URL:
<http://www.efacec.pt/PresentationLayer/ResourcesUser/fotos/corporativas/evolucao.jpg>
[último acesso em 14-05-2016]
- [11] Documentação interna – Efacec
- [12] TCA. URL: http://tca.pt/wp-content/uploads/2016/09/logo_tca_new.png
[último acesso em 11-06-2016]
- [13] TCA. URL:
<http://tca.pt/software-ptc-creo/>
[último acesso em 11-06-2016]

- [14] Logotipo PTC Creo. URL:
<http://support.ptc.com/products/creo/contact-sales.htm> [último acesso em 11-06-2016]
- [15] KTM Super Duke - PTC Creo. URL:
http://www.nvidia-arc.com/fileadmin/user_upload/Images/Logos/creo-parametric-oberflaeche-ktm-superduke.jpg [último acesso em 11-06-2016]
- [16] Leitura e interpretação de desenho técnico. URL:
<http://www.ltc.ufes.br/fgr/LEITURA%20E%20INTERPRETA%C3%87%C3%83O%20DE%20DESENHO%20T%C3%89CNICO.pdf>
[último acesso em 18-06-2016]
- [17] Simões Morais, Desenho Técnico Básico – 3, 2015
- [18] M. Naidu e V. Kamaraju, High Voltage Engineering, 1995.
- [19] N. Hyltén-Cavallius, High Voltage Laboratory Planning, 1986.
- [20] Gerador de Impulsos de tensão URL:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/HighVoltage_Impulse_Test_System.jpg [último acesso em 29-10-2016]
- [21] Instrumentos de comando DIAS 733 URL:
http://www.haefely-hipotronics.com/wp-content/uploads/2015/12/LL_DIAS733_151125.pdf [último acesso em 29-10-2016]
- [22] Paulo Coelho, Alternativas ao SF6 como meio de isolamento na aparelhagem de Média Tensão
- [23] Arco elétrico. URL :
http://static.blastingnews.com/media/photogallery/2015/7/22/main/arco-electrico-revelou-se-fatal-para-o-emigrante_441965.jpg [último acesso em 05-11-2016]
- [24] EA Technology. The PD Academy. URL:
<http://www.partial-discharge-academy.com> [último acesso em 29-10-2016]
- [25] Emerson Electric. What is Partial Discharge Testing? URL:
<http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/Services/Market/Industrial/Equipment-Based-Services/Predictive-Diagnostics/Pages/what-is-partial-discharge-testing.aspx>
[último acesso em 29-10-2016]
- [26] José Teixeira Junior, Medição de Descargas Parciais

ANEXO - A



Certificado de Formação

PTC® Creo®

Desenho Assistido por Computador

Certifica-se que Patrick Costa Garrido, nascido a 03/03/1990, nacionalidade Portuguesa, sexo Masculino, portador do documento de identificação Cartão de Cidadão nº 13836369 concluiu, em 10/12/2015 a formação de Modelação no Creo Parametric 3.0, que decorreu de 30/11/2015 a 10/12/2015, com a duração total de 56 horas.

Marinha Grande, 13 janeiro 2016.

O Formador

(António Baridó)



O SEU PARCEIRO TECNOLÓGICO

Certificado Nº 179/2015

MODALIDADE DE FORMAÇÃO: 07 - Formação - Ação

ÁREA DE FORMAÇÃO: 489 - Informática – programas não classificados noutra área de formação

COMPETÊNCIAS ADQUIRIDAS:

01→ Modelar tridimensionalmente em sólido; 02→ Criar desenhos técnicos 2D a partir de modelos 3D

Modelação – 17 valores

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS:	Método expositivo, Exercícios práticos.
OUTRAS:	
TOTAL DE HORAS:	56
MÓDULOS:	01-Introdução; 02-Desenho 2D

Figura A. 1. Diploma TCA

ANEXO - B

Elaboração de uma peça, por passos, em 3D utilizando algumas funções existentes no *PTC Creo Parametric*:

1º Criação de um novo artigo denominando-o de “Objeto_1”

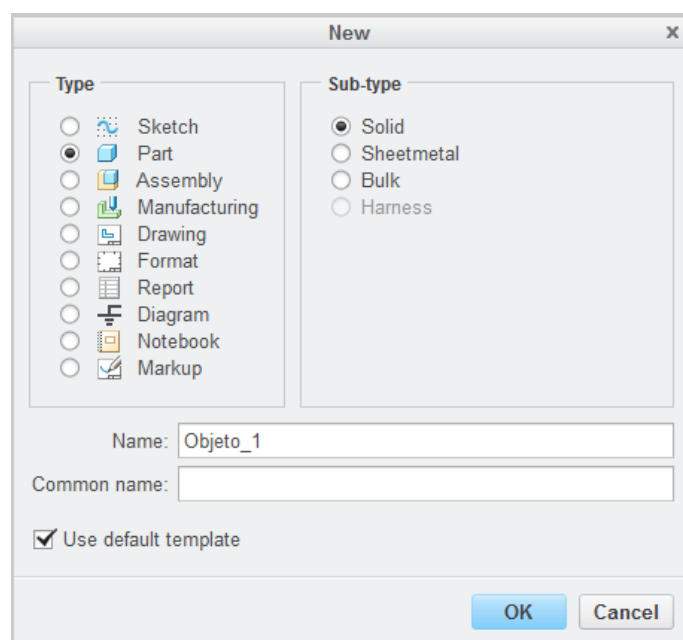


Figura B. 1. Menu inicial

2º Escolha do plano onde se irá realizar o *sketch* (desenho):

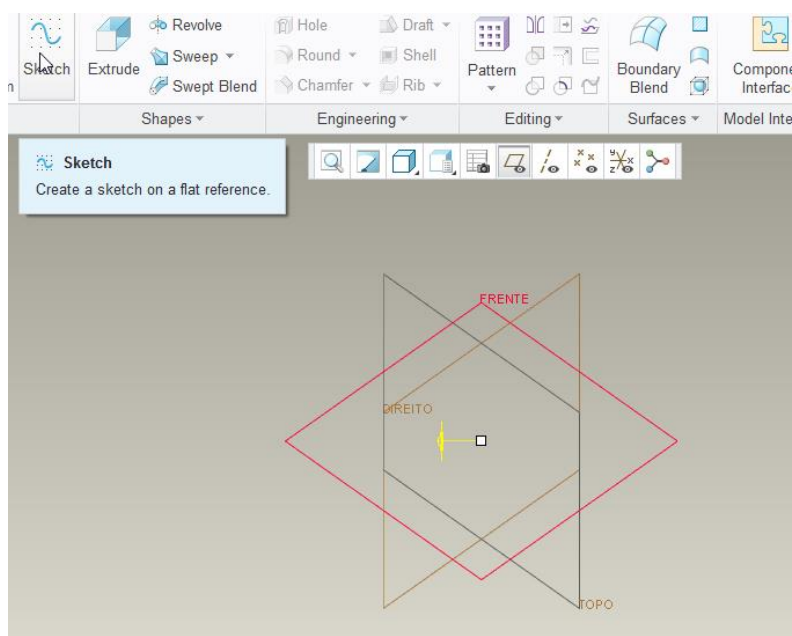


Figura B. 2. Seleção do plano para o *sketch*

3º Criação do *sketch* da peça:

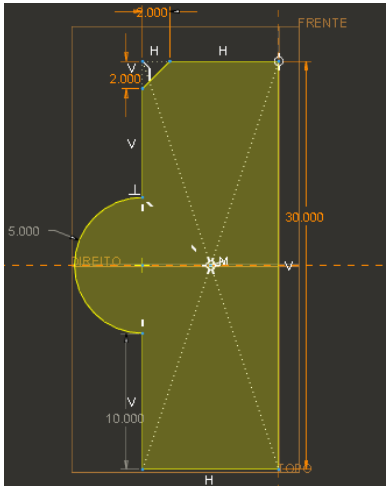


Figura B. 3. *Sketch*

4º Utilização da função “*Revolve*” no *sketch*:

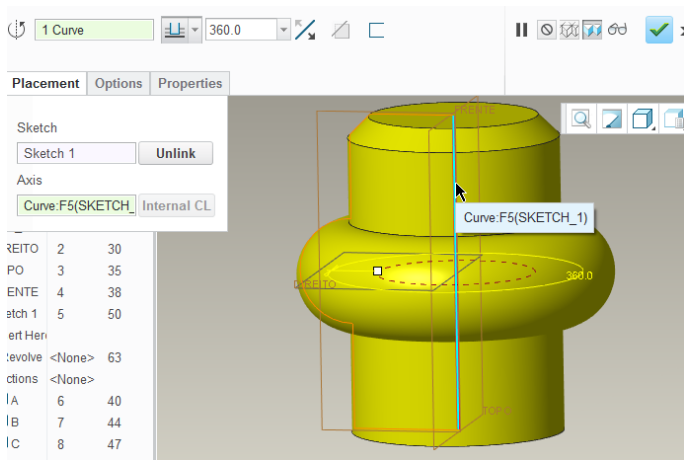


Figura B. 4. *Revolve*

5º Adicionado detalhe à peça fazendo um novo *sketch*:

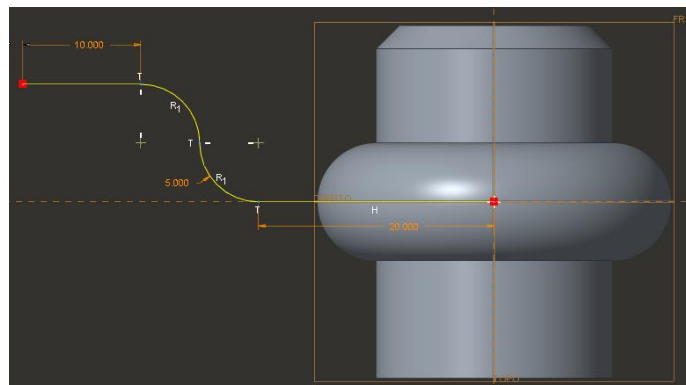


Figura B. 5. *Sketch 2*

6º Utilização da função “Sweep”:

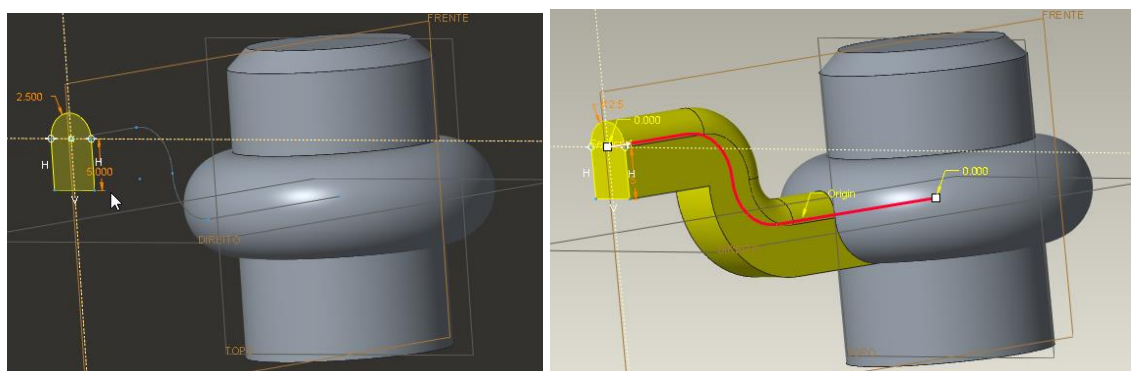


Figura B. 6. *Sweep*

7º Arredondamento das arestas utilizando a função “Round”:

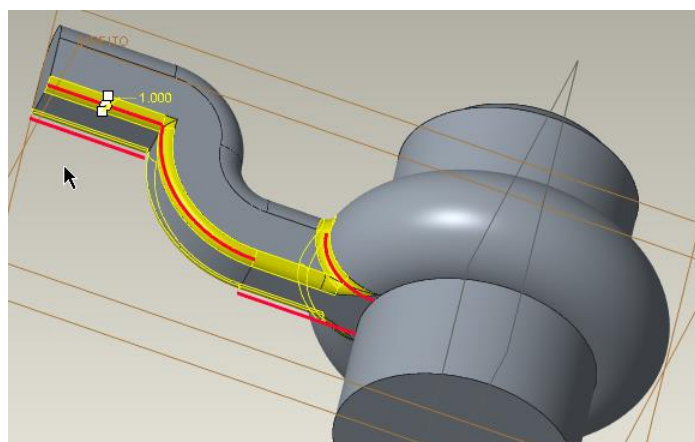


Figura B. 7. *Round*

8º Utilização da função “*Pattern*” para replicar o que foi criado à volta do eixo:

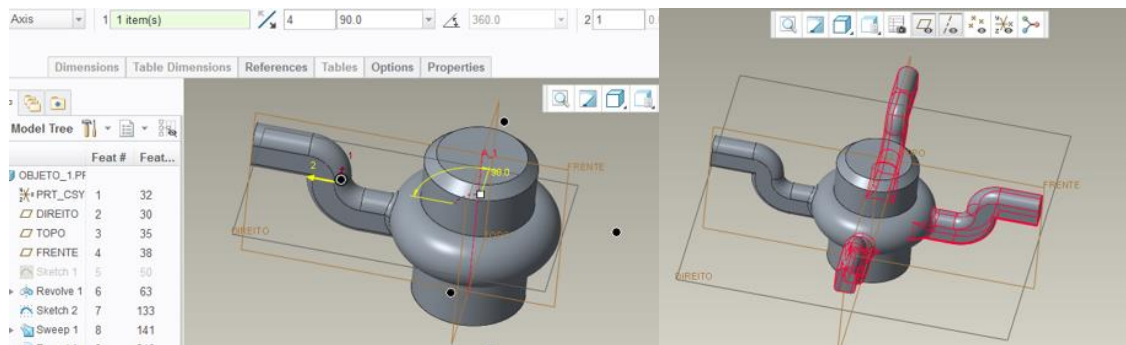


Figura B. 8. *Pattern*

9º Criação de outro “*Revolve*”:

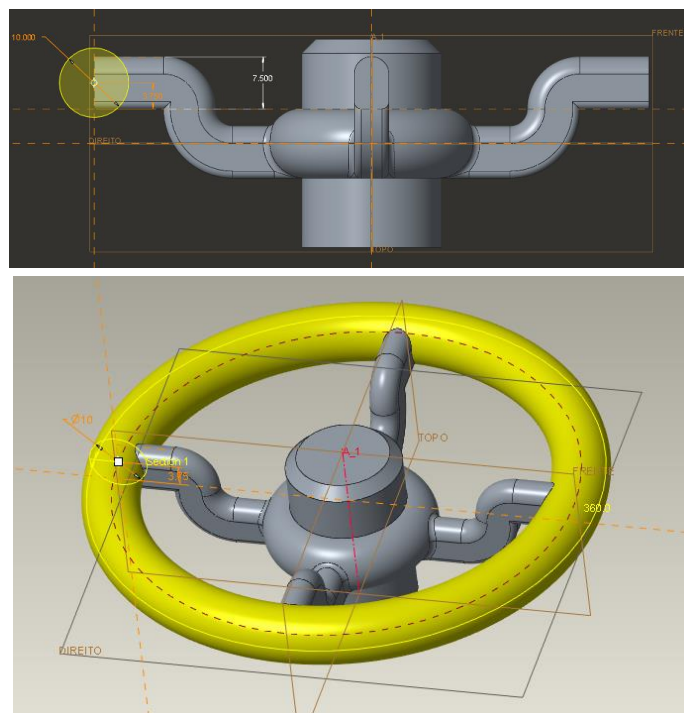


Figura B. 9. *Revolve 2*

10º Adição de “Rounds” em falta

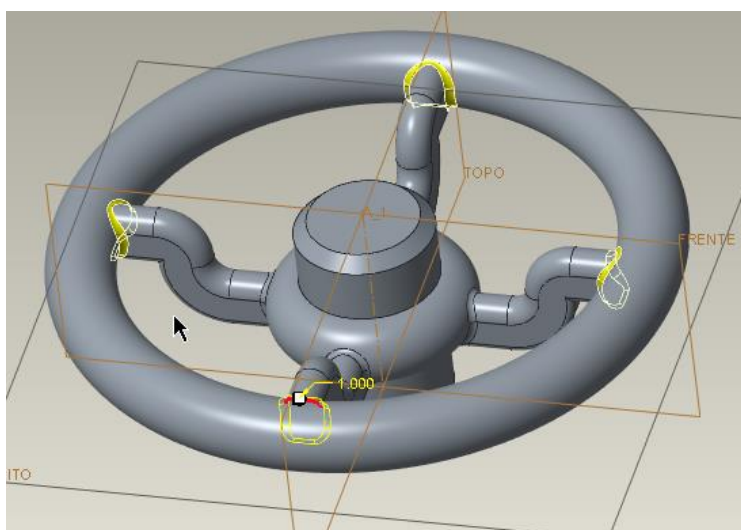


Figura B. 10. *Rounds 2*

11º Adição de letras usando a função “Extrude”:

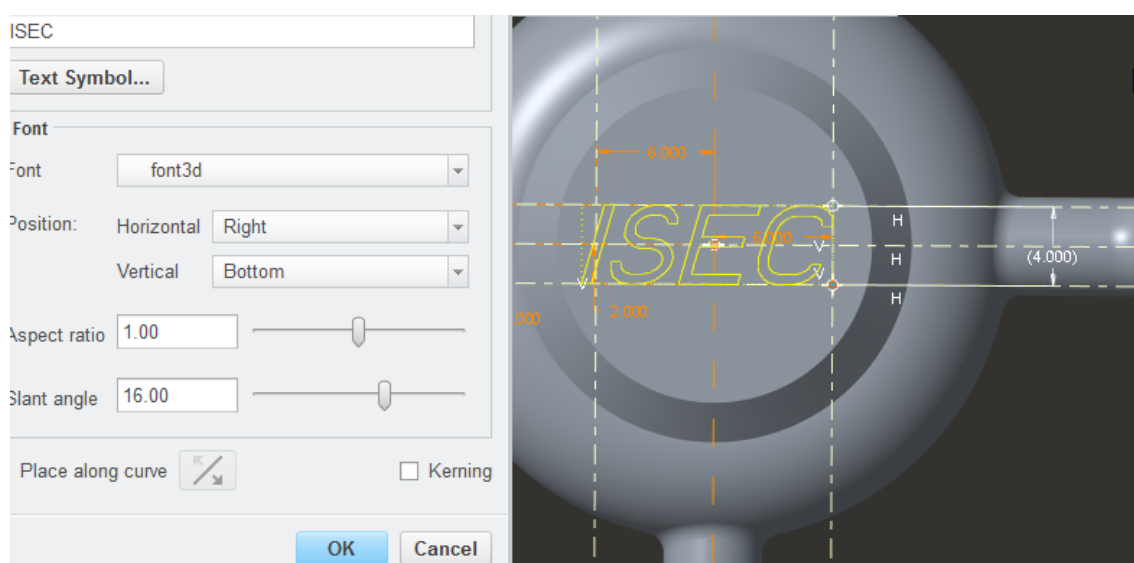


Figura B. 11. *Text Extrude*

12º Artigo Final

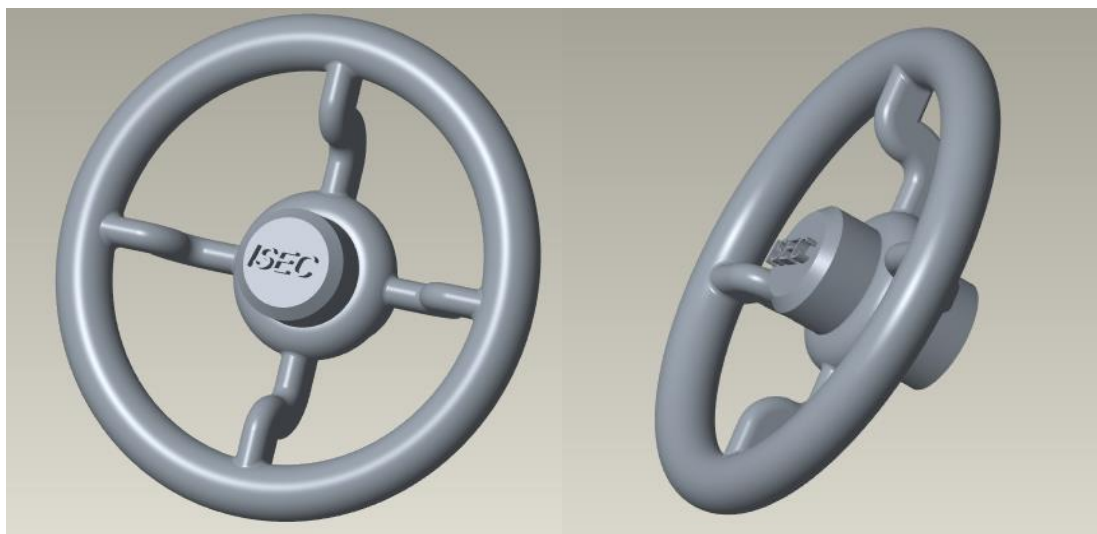


Figura B. 12. Peça finalizada

ANEXO - C



DECLARAÇÃO DE PERFORMANCE DIELÉTRICA

Cela QBN7 do tipo Outgoing Feeder com disjuntor Divac 3625B

Ensaio de choque atmosférico

Verificação do comportamento dielétrico de cloches sem abas de silicone e com abas de silicone

Normas aplicadas:

IEC 62271-1 (2007)

IEC 60060-1 (2010)

Resultados:

As cloches com abas de silicone promoveram um aumento em 5% do nível de isolamento ao choque face às cloches sem abas de silicone.

Data: 2016, 30 de agosto

Ensaios realizados por:

Vítor Sousa

O chefe do laboratório:

Luis Tovar

Página 1 de 2

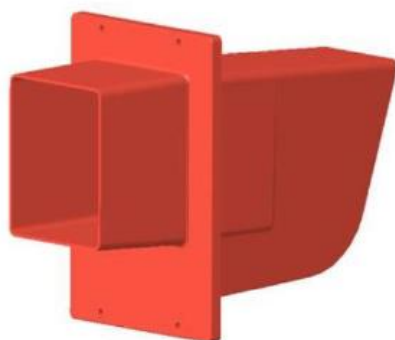
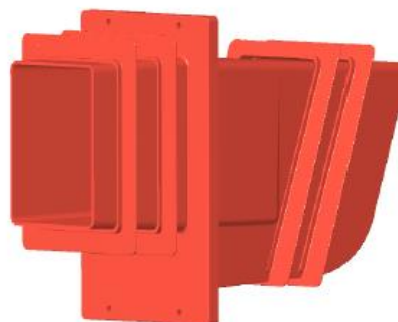
Figura C. 1. Página 1 do relatório interno

1 – QBN7 – Outgoing Feeder

 QBN7 Outgoing Feeder S/N: -		
IEC 62271-1/102/200		
Ur: 36kV	fr: 60Hz	Uol: 70kV
Ik: 25kA	tk: 3s	Ip: 65kA
Ir: 630A	Up: 170kV	
Ua: 125Vdc/230Vac		
Wiring Diagram: -		
Position: 4		
Manufacturing N°: T18200082		
Part N°: 314140320-01		
Manufacturing Year: 2016		
Country of Origin: Portugal		
SEC Standard Spec: 32-TMSS-01 R2		

2 – Divac 3625B

 DIVAC 3625B Circuit Breaker S/N: -		
IEC 62271-1/100		
Ur: 36kV	fr: 60Hz	Uol: 70kV
Ik: 25kA	tk: 3s	Ip: 65kA
Ir: 630A	Up: 170kV	
Ua: 125Vdc Uop: 125Vdc		
Operating Cycle: 0-0.3s-CD-15s-CD		
Instruction Manual: MYRD30024A		
Wiring Diagram: 32203294		
Manufacturing N°: T18200082		
Part N°: 365140362-01		
Manufacturing Year: 2016		
Country of Origin: Portugal		

1 – Cloches sem abas de silicone**2 – Cloches com abas de silicone**

Pos.	Disjuntor	Tensão aplicada em:	Terra aplicada em:	Impulsos / Disrupções	Tensão de ensaio (kVp)
1	Fechado	A	BC bc F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
2	Fechado	B	AC ac F	15 / 1 15 / 0	+170 -170
3	Fechado	C	AB ab F	15 / 1 15 / 1	+170 -170
4	Aberto	A	BC abc F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
5	Aberto	B	AC abc F	15 / 2 15 / 1	+170 -170
6	Aberto	C	AB abc F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
7	Aberto	a	ABC bc F	15 / 1 15 / 0	+170 -170
8	Aberto	b	ABC ac F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
9	Aberto	c	ABC ab F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
10	Extraído	A	BC abc F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
11	Extraído	B	AC abc F	15 / 2 15 / 0	+170 -170
12	Extraído	C	AB abc F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
13	Extraído	a	ABC bc F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
14	Extraído	b	ABC ac F	15 / 0 15 / 0	+170 -170
15	Extraído	c	ABC ab F	15 / 0 15 / 0	+170 -170

Pos.	Disjuntor	Tensão aplicada em:	Terra aplicada em:	Impulsos / Disrupções	Tensão de ensaio (kVp)
1	Fechado	A	BC bc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
2	Fechado	B	AC ac F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
3	Fechado	C	AB ab F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
4	Aberto	A	BC abc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
5	Aberto	B	AC abc F	15 / 1 15 / 0	+178,5 -178,5
6	Aberto	C	AB abc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
7	Aberto	a	ABC bc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
8	Aberto	b	ABC ac F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
9	Aberto	c	ABC ab F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
10	Extraído	A	BC abc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
11	Extraído	B	AC abc F	15 / 1 15 / 1	+178,5 -178,5
12	Extraído	C	AB abc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
13	Extraído	a	ABC bc F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
14	Extraído	b	ABC ac F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5
15	Extraído	c	ABC ab F	15 / 0 15 / 0	+178,5 -178,5

Figura C. 2. Página 2 do relatório interno

ANEXO - D

Test Report	CESI	B6019124 Approved Page 3
--------------------	-------------	--

Tests witnessed by:

Mr Luis Tovar	EFACEC
Mr Vitor Sousa	EFACEC
Mr Albino Bessa	EFACEC
Mr António Dias	EFACEC
Mr João Quintanilha	EFACEC
Mr Kris Huysmans	SGS
Mr Alberto Pignini	GE Grid Solutions

Identification of the object: effected

The Manufacturer guarantees that the tested object is manufactured according to the submitted drawings. CESI checked that these drawings adequately represent in shape and dimensions the essential details and the parts of the tested object.

These drawings, identified by CESI and numbered **B6020722 No. 1 to 41**, have been returned to the Client.

Test evaluation

With reference to the Standards/Specifications listed in the first page and the characteristics of the tested sample assigned by manufacturer, the carried out tests passed **SUCCESSFULLY**.

Revision No.	Date	Reference
0	October 14, 2016	B6019124

The data necessary to permit repetition of the tests are contained in the document marked: ----

The reported expanded uncertainties are determined in accordance with the Publication ENV 13005: 1999 "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and are based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, which for a normal distribution provides a level of confidence of approximately 95 %.

Peak voltage (impulse tests)	± 3,0 %
Voltage a.c., d.c. (dielectric tests)	± 3,0 %
Peak current (impulse tests)	± 3,0 %
Time parameters (impulse tests)	± 10 %
Time parameters (a.c., d.c. dielectric tests)	± 3,5 %
Partial discharge measurement	up to 10 pC: ± 1,0 pC above 10 pC: ± 10 %

Atmospheric conditions:

Temperature;	Pressure;	Relative Humidity (30 % to 95 % RH)	± 2,0 °C;	± 1,0 hPa;	± 5 %
--------------	-----------	-------------------------------------	-----------	------------	-------

Laboratory information	
Receipt date of the sample	September 14, 2017
Test location	CESI – Via Rubattino 54 – Milan
CESI testing team	Mr. L. Tiziani
Test laboratory	P180 (100 kJ)
ODV	70005447

A1001IG rev.1






Figura D. 2. Excerto do Relatório externo de Ensaio Dielétrico (Certificação)

ANEXO - E

